

Also published as:

EP0940901 (A2)
US6618648 (B1)
EP0940901 (A3)
EP0940901 (B1)

EP0940901 (A2)
US6618648 (B1)
EP0940901 (A3)
EP0940901 (B1)

EP0940901 (A2)
US6618648 (B1)
EP0940901 (A3)
EP0940901 (B1)

EP0940901 (A2)
US6618648 (B1)
EP0940901 (A3)
EP0940901 (B1)

EP0940901 (A2)
US6618648 (B1)
EP0940901 (A3)
EP0940901 (B1)

EP0940901 (A2)
US6618648 (B1)
EP0940901 (A3)
EP0940901 (B1)

EP0940901 (A2)
US6618648 (B1)
EP0940901 (A3)
EP0940901 (B1)

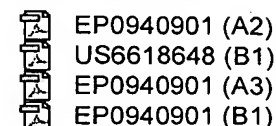
EP0940901 (A2)
US6618648 (B1)
EP0940901 (A3)
EP0940901 (B1)

EP0940901 (A2)
US6618648 (B1)
EP0940901 (A3)
EP0940901 (B1)

EP0940901 (A2)
US6618648 (B1)
EP0940901 (A3)
EP0940901 (B1)

EP0940901 (A2)
US6618648 (B1)
EP0940901 (A3)
EP0940901 (B1)

EP0940901 (A2)
US6618648 (B1)
EP0940901 (A3)
EP0940901 (B1)



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-341706

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 2 J 13/00

3 1 1

H 0 2 J 13/00

3 1 1 S

G 0 1 R 31/00

G 0 1 R 31/00

G 0 5 B 23/02

G 0 5 B 23/02

C

H 0 2 H 3/00

H 0 2 H 3/00

D

H 0 2 J 3/00

H 0 2 J 3/00

K

審査請求 未請求 請求項の数36 F D (全 85 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-349404

(22) 出願日 平成10年(1998)11月24日

(31) 優先権主張番号 特願平10-53868

(32) 優先日 平10(1998)3月5日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(71) 出願人 000221096

東芝システムテクノロジー株式会社

東京都府中市晴見町2丁目24番地の1

(72) 発明者 白田 義博

東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝

府中工場内

(72) 発明者 関口 勝彦

東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝

府中工場内

(74) 代理人 弁理士 波多野 久 (外1名)

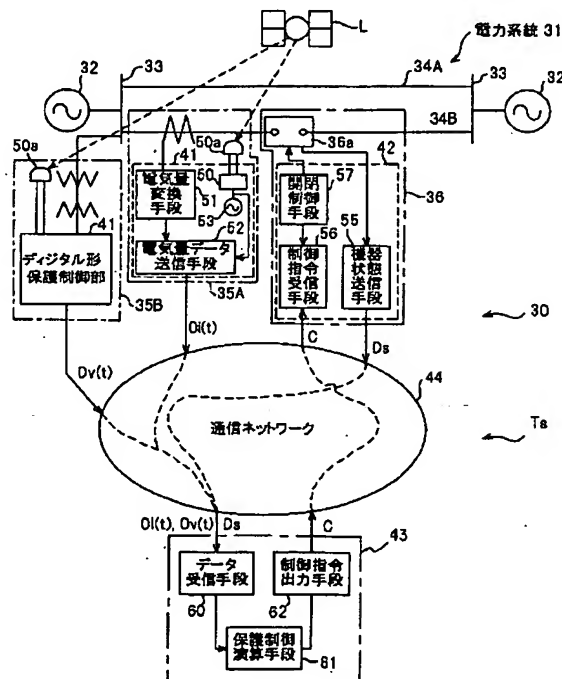
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 制御システム、電力系統保護制御システムおよびプログラムを記憶した記憶媒体

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 複数の設備機器毎に分割された保護制御機能の実行手段を通信ネットワークを介して相互接続し経済性及び信頼性を向上させる。

【解決手段】 絶対時刻取得手段50、50a、53、取得絶対時刻に応じて電力系統31の状態量をサンプリングしてデジタルデータに変換する電気量変換手段51及び絶対時刻付きデジタルデータを生成し、絶対時刻付きデータを通信ネットワーク44に送出する状態量入出力機器35A、35Bと、通信ネットワークを介して電力系統間の開閉遮断器36の制御指令を受信する制御指令受信手段62及び、絶対時刻付き電気量データと遮断器の動作状態に基づき保護制御演算を行なう保護演算手段61の演算結果に基づき遮断器に制御指令を通信ネットワークを介して送出する制御指令送出手段62を有するデジタル形保護制御装置43とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 産業プラントや公共プラント等の制御対象プラントに係わる状態量を入力し前記制御対象プラントの制御を行なう制御システムにおいて、精密時刻を取得する精密時刻取得手段、取得された精密時刻に応じて前記制御対象プラントの状態量をサンプリングしてデジタルデータに変換する変換手段および前記デジタルデータにサンプリング時点の精密時刻を付加して精密時刻付きデジタルデータを生成し、前記精密時刻付きデータを通信ネットワークに送出する送出手段を有する状態量入出力器と、

前記通信ネットワークを介して前記制御対象プラントに設けられた当該制御対象プラントの設備機器間を閉閉する閉閉機器の制御指令を受信する制御指令受信手段および前記閉閉機器の動作状態を前記通信ネットワークに送出する動作状態送出手段を有する閉閉機器と、前記精密時刻付きデータと前記閉閉機器の動作状態に基づき制御演算を行なう演算手段およびこの演算手段の演算結果に基づき前記閉閉機器に制御指令を前記通信ネットワークを介して送出する制御指令送出手段を有する保護演算器と、を備えたことを特徴とする制御システム。

【請求項2】 電力系統の状態量を入力し前記電力系統の保護制御を行なう電力系統保護制御システムにおいて、精密時刻を取得する精密時刻取得手段、取得された精密時刻に応じて電力系統の状態量をサンプリングしてデジタルデータに変換する変換手段および前記デジタルデータにサンプリング時点の精密時刻を付加して精密時刻付きデジタルデータを生成し、前記精密時刻付きデータを通信ネットワークに送出する送出手段を有する状態量入出力器と、

前記通信ネットワークを介して電力系統に設けられた系統間を閉閉する閉閉機器の制御指令を受信する制御指令受信手段および前記閉閉機器の動作状態を前記通信ネットワークに送出する動作状態送出手段を有する閉閉機器と、

前記精密時刻付きデータと前記閉閉機器の動作状態に基づき保護制御演算を行なう保護演算手段およびこの保護演算手段の演算結果に基づき前記閉閉機器に制御指令を前記通信ネットワークを介して送出する制御指令送出手段を有する保護演算器と、を備えたことを特徴とする電力系統保護制御システム。

【請求項3】 前記状態量入出力器は自己の動作状態を診断し、この自己診断結果を前記通信ネットワークに送出する自己診断結果送出手段を設けると共に、前記閉閉機器に前記通信ネットワークを介して前記自己診断結果を受信し、受信した自己診断結果に応じて前記閉閉機器の開閉動作を制御する手段を備えたことを特徴とする請求項2記載の電力系統保護制御システム。

【請求項4】 前記複数の状態量入出力器に設置された

変換手段は、前記精密時刻取得手段により取得された精密時刻に応じて互いに同期させながら所定の周期毎にそれぞれサンプリングし、サンプリングした各状態量をそれぞれデジタルデータに変換するようになっており、前記複数の状態量入出力器に設置された送出手段は、前記各変換手段によりそれぞれ変換された複数のデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻をそれぞれ付加し、複数の精密時刻付きデジタルデータとして前記通信ネットワークへそれぞれ送出するようになっており、

前記保護演算手段は、前記通信ネットワークを介して送られてきた前記複数の精密時刻付きデジタルデータおよび動作状態を受信処理する受信処理手段と、受信処理された複数の精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて各状態量入出力器毎に時系列的に整列する整列手段と、この整列手段により時系列的に整列されたデジタルデータに基づいて保護制御演算を行なう保護制御演算手段とを備えたことを特徴とする請求項2記載の電力系統保護制御システム。

【請求項5】 CPUおよびメモリ部を含むハードウェア構成要素から成るコンピュータ回路により前記精密時刻取得手段、前記変換手段および前記時刻付きデータ送出手段を構成し、前記CPUを含む前記コンピュータ回路に対して、前記メモリ部等の前記ハードウェア構成要素を含む当該コンピュータ回路自体の動作状態を自己診断する自己診断手段と、この診断手段の診断結果を前記通信ネットワークへ送信する送信手段とを設けるとともに、

前記通信ネットワークを介して送信された自己診断結果を受信する自己診断結果受信手段と、この自己診断結果受信手段により受信された自己診断結果に応じて前記閉閉機器に対する動作制御をロックするロック手段とを備え、当該自己診断結果受信手段およびロック手段を前記閉閉機器に設置したことを特徴とする請求項4記載の電力系統保護制御システム。

【請求項6】 前記状態量入出力器および前記閉閉機器は複数箇所に分散配置された電気所にそれぞれ配設されており、前記精密時刻取得手段、前記変換手段および前記送出手段を前記各電気所の状態量入出力器にそれぞれ設置し、前記動作状態送出手段および前記制御指令受信手段を前記各電気所の閉閉機器にそれぞれ設置し、かつ前記保護演算手段および前記制御指令送出手段を前記複数箇所に分散配置された電気所の内の少なくとも1つに設置するとともに、前記通信ネットワークを前記各電気所内に構築されたローカルエリアの第1の通信ネットワークと、前記分散配置された各電気所を広域的に接続する第2の通信ネットワークとで構成する一方、前記電気所内の複数の状態量入出力器にそれぞれ設置された変換手段は、対応する状態量入出力器の状態量を前記精密時刻取得手段により取得された精密時刻に応じて

互いに同期させながら所定の周期毎にそれぞれサンプリングし、サンプリングした各状態量をそれぞれデジタルデータに変換するようになっており、当該電気所内の複数の状態量入出力器にそれぞれ設置された送出手段は、前記各変換手段によりそれぞれ変換された複数のデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻をそれぞれ付加し、複数の精密時刻付きデジタルデータとして前記第1の通信ネットワークを介して前記第2の通信ネットワークへそれぞれ送出するように構成されているとともに、

前記電気所に設置された保護演算手段は、前記第1の通信ネットワークおよび第2の通信ネットワークを介して送られてきた前記複数の精密時刻付きデジタルデータおよび動作状態を受信処理する受信処理手段と、受信処理された複数の精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて時系列的に整列する整列手段と、この整列手段により時系列的に整列されたデジタルデータに基づいて保護制御演算を行なう保護制御演算手段とを備えたことを特徴とする請求項2記載の電力系統保護制御システム。

【請求項7】 電力系統から入力された状態量に基づいて演算処理を行ない前記電力系統の保護制御を行なう電力系統保護制御システムにおいて、精密時刻を取得する精密時刻取得手段、前記電力系統の状態量を前記精密時刻取得手段により取得された精密時刻に応じて所定の周期毎にサンプリングし、サンプリングした状態量をデジタルデータに変換する変換手段およびこの変換手段により変換されたデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加し、精密時刻付きのデジタルデータとして通信ネットワークへ送出するデジタルデータ送出手段を有するデジタル形保護制御装置と、前記通信ネットワークを介して順次送られてきた前記精密時刻付きデジタルデータを受信処理する受信処理手段と、受信処理された精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて時系列的に整列する整列手段とを備えたことを特徴とする電力系統保護制御システム。

【請求項8】 前記デジタル形保護制御装置は前記複数の設備機器に対応して設置されているとともに、前記複数のデジタル形保護制御装置における各変換手段は、対応する設備機器の状態量を前記精密時刻取得手段により取得された精密時刻に応じて互いに同期させながら所定の周期毎にそれぞれサンプリングし、サンプリングした各状態量をそれぞれデジタルデータに変換するようになっており、前記複数のデジタル形保護制御装置における各デジタルデータ送出手段は、前記各変換手段によりそれぞれ変換された複数のデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻をそれぞれ付加し、複数の精密時刻付きデジタルデータとして前記通信ネットワークへそれぞれ送出するようになってい

方、

前記受信処理手段は、前記通信ネットワークを介して送られてきた前記複数の精密時刻付きデジタルデータを受信処理するように構成され、前記整列手段は、受信処理された複数の精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて前記各デジタル形保護制御装置毎に時系列的に整列するように構成されたことを特徴とする請求項7記載の電力系統保護制御システム。

【請求項9】 前記整列手段により時系列的に整列されたデジタルデータ群を表示する表示手段を備えたことを特徴とする請求項8記載の電力系統保護制御システム。

【請求項10】 前記整列手段により時系列的に整列されたデジタルデータ群に基づいて被試験用のデジタル形保護制御装置に対する試験状態量を生成する生成手段を備えたことを特徴とする請求項8記載の電力系統保護制御システム。

【請求項11】 電力系統を保護制御するための複数のデジタル形保護制御装置と、前記複数のデジタル形保護制御装置を互いにデータ送受信可能に接続する通信ネットワークとを有する電力系統保護制御システムにおいて、

前記各デジタル形保護制御装置は、精密時刻を取得する精密時刻取得手段と、保護制御対象となる設備機器の状態量を前記精密時刻取得手段により取得された精密時刻に応じて所定の周期毎にサンプリングし、サンプリングした状態量をデジタルデータにそれぞれ変換する変換手段と、この変換手段により変換されたデジタルデータに基づいて前記保護制御対象となる設備機器に故障が発生したか否かを判定し、その判定結果に応じて保護制御演算処理を実行する保護制御演算手段と、この保護制御演算手段の故障判定機能とは別個に、前記変換手段により変換されたデジタルデータに基づいて前記保護制御対象となる設備機器および非保護制御対象となる設備機器に対して故障が発生したか否かを判定する判定手段と、この判定手段の判定結果において前記保護制御対象となる設備機器および非保護制御対象となる設備機器の内の少なくとも一方に故障が発生したと判定された際に、前記変換手段により変換されたデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加し、精密時刻付きのデジタルデータとして記録する記録手段と、この記録手段に記録された精密時刻付きデジタルデータを読み出して前記通信ネットワークへ送出するデジタルデータ送出手段とをそれぞれ備えるとともに、前記通信ネットワークに接続され前記各デジタル形保護制御装置から前記通信ネットワークを介してそれぞれ送られてきた複数の精密時刻付きデジタルデータを受信処理する受信処理手段と、前記受信処理された複数の精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて前記各デジタル形保護制御装置毎に時系列的

に整列する整列手段とを備えたことを特徴とする電力系統保護制御システム。

【請求項12】 前記整列手段により時系列的に表示されたデジタルデータ群を表示する表示手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の電力系統保護制御システム。

【請求項13】 前記整列手段により時系列的に整列されたデジタルデータ群に基づいて被試験用のデジタル形保護制御装置に対する試験状態量を生成する生成手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の電力系統保護制御システム。

【請求項14】 電力系統を保護制御するための複数のデジタル形保護制御装置と、前記複数のデジタル形保護制御装置を互いにデータ送受信可能に接続する通信ネットワークとを備えた電力系統保護制御システムにおいて、

前記各デジタル形保護制御装置は、精密時刻を取得する精密時刻取得手段と、保護制御対象となる設備機器の状態量を前記精密時刻取得手段により取得された精密時刻に応じて所定の周期毎にサンプリングし、サンプリングした状態量をデジタルデータにそれぞれ変換する変換手段と、この変換手段により変換されたデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加し、精密時刻付きのデジタルデータとして前記通信ネットワークへ送出するデジタルデータ送出手段と、前記通信ネットワークを介して他のデジタル形保護制御装置のデジタルデータ送出手段から順次送られてきた精密時刻付きデジタルデータを受信する受信手段と、この受信手段により受信された複数の精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて時系列的に整列する整列手段と、前記変換手段により変換されたデジタルデータおよび前記整列手段により時系列的に整列されたデジタルデータの内のどちらか一方に基づいて保護制御演算を行なう保護制御演算手段とをそれぞれ備えたことを特徴とする電力系統保護制御システム。

【請求項15】 産業プラントや公共プラント等の制御対象プラントに係わる状態量に基づいて演算処理を行ない前記制御対象プラントの制御を行なう複数の分散配置された制御装置を通信ネットワークを介してデータ送受信可能に相互接続して構成された制御システムにおいて、

前記各制御装置は、略一定周期の信号を取得する周期信号取得手段と、前記制御対象プラントに係わる状態量を前記周期信号取得手段により取得された周期信号に応じて他の保護制御装置と同一のタイミングで順次サンプリングしてデジタルデータを収集するデジタルデータ収集手段と、このデジタルデータ収集手段により収集されたデジタルデータに対して、前記周期信号に基づく前記サンプリング時の時刻を付加し、時刻付きのデジタルデータとして順次記憶する記憶手段とを備えたこ

とを特徴とする制御システム。

【請求項16】 電力系統から入力された保護制御対象に係わる状態量に基づいて演算処理を行ない前記電力系統の保護制御を行なう複数の保護制御装置を通信ネットワークを介してデータ送受信可能に相互接続して構成された電力系統保護制御システムにおいて、

前記各保護制御装置は、略一定周期の信号を取得する周期信号取得手段と、前記電力系統に係わる状態量を前記周期信号取得手段により取得された周期信号に応じて他の保護制御装置と同一のタイミングで順次サンプリングしてデジタルデータを収集するデジタルデータ収集手段と、このデジタルデータ収集手段により収集されたデジタルデータに対して、前記周期信号に基づく前記サンプリング時の時刻を付加し、時刻付きのデジタルデータとして順次記憶する記憶手段とを備えたことを特徴とする電力系統保護制御システム。

【請求項17】 前記周期信号取得手段は精密時刻を取得する精密時刻取得手段であり、前記サンプリング時の時刻は、当該サンプリング時の精密時刻であることを特徴とする請求項16記載の電力系統保護制御システム。

【請求項18】 前記通信ネットワークに接続され前記複数の保護制御装置の運用状態を遠隔から監視制御するための表示操作装置を備え、

前記各保護制御装置は、前記デジタルデータに基づいて保護制御演算を行ない異常データが検出されるか否かを判断する保護制御演算手段と、この保護制御演算手段の保護制御演算の結果、異常データが検出された場合、その異常データ検出時刻を含む異常データ発生通知を前記表示操作装置に送信する異常データ検出通知送信手段とを備え、

前記表示操作装置は、前記複数の保護制御装置における所定の保護制御装置から異常データ検出時刻を含む異常データ発生通知が送信された際に、前記異常データ検出時刻前後のデジタルデータを収集するためのプログラムモジュールを前記通信ネットワークを介して前記複数の保護制御装置へ所定の移動経路で送信するプログラムモジュール送信手段を備えており、

前記各保護制御装置は、前記通信ネットワークを介して送信されてきたプログラムモジュールを受信して実行する手段と、実行されたプログラムモジュールに基づいて前記異常データ検出時刻前後の精密時刻付きのデジタルデータをそれぞれ前記表示操作装置に対して送信する手段とを備えており、

前記表示操作装置は、前記各保護制御装置から送信されてきた前記異常データ検出時刻前後の精密時刻付きのデジタルデータに基づいて、前記異常データ検出に係わる事故点を標定する事故点標定手段を備えたことを特徴とする請求項17記載の電力系統保護制御システム。

【請求項19】 前記各保護制御装置は、前記表示操作装置から前記通信ネットワークを介して送信されてきた

送電線定数測定用のプログラムモジュールに基づいて動作して自保護制御装置の記憶手段にデジタルデータと共に記憶された精密時刻における所定の精密時刻を読み出し、読み出した所定の精密時刻が付加された自保護制御装置のデジタルデータおよび他保護制御装置のデジタルデータを用いて送電線定数を測定する送電線定数測定手段と、測定された送電線定数を記憶する送電線定数記憶手段と、記憶された送電線定数に基づいて自保護制御装置の保護制御対象に係わる測距インピーダンスを算出する算出手段とを備えたことを特徴とする請求項17記載の電力系統保護制御システム。

【請求項20】 前記記憶手段は、前記精密時刻付きのデジタルデータを、少なくとも前記異常データ発生通知を前記表示操作装置に送信してから前記異常データ発生時刻前後の精密時刻付きのデジタルデータを前記表示操作装置に向けて送信するまでの間記憶するようにしたことを特徴とする請求項18記載の電力系統保護制御システム。

【請求項21】 前記通信ネットワークに接続され前記複数の保護制御装置の運用状態を遠隔から監視制御するための表示操作装置を備え、前記各保護制御装置は、前記記憶手段に記憶された精密時刻付きのデジタルデータに基づいて前記電力系統に係わる電力、無効電力、電流等を含む潮流情報を計算する潮流情報計算手段を備え、この潮流情報計算手段は、計算された潮流情報に、その潮流情報の元となるデジタルデータの収集時刻を付加し、収集時刻付きの潮流情報として前記通信ネットワークを介して表示操作装置へそれぞれ送信するようになっており、前記表示操作装置は、前記通信ネットワークを介して各保護制御装置から送信されてきた潮流情報に基づいて前記電力系統の安定状態を判定する安定状態判定手段を備えたことを特徴とする請求項17記載の電力系統保護制御システム。

【請求項22】 複数のCPU、これら複数のCPUが共有するメモリおよび前記複数のCPUが共有する通信インタフェースを含むハードウェア回路により前記各保護制御装置の前記記憶手段、前記保護制御演算手段、前記異常データ検出時刻送信手段、前記プログラムモジュール実行手段および前記デジタルデータ送信手段を構成し、前記複数のCPUの内の第1のCPUは、前記共有メモリを利用して前記記憶手段の処理および前記保護制御演算手段の処理をそれぞれ実行し、前記複数のCPUの内の第2のCPUは、前記共有メモリおよび前記共有通信インタフェースを利用して前記異常データ検出時刻送信手段の処理、前記プログラムモジュール実行手段の処理および前記デジタルデータ送信手段の処理をそれぞれ実行するようにしたことを特徴とする請求項18記載の電力系統保護制御システム。

【請求項23】 複数のCPU、これら複数のCPUが

共有するメモリおよび前記複数のCPUが共有する通信インタフェースを含むハードウェア回路により前記各保護制御装置の前記記憶手段、前記保護制御演算手段、前記異常データ検出時刻送信手段および前記プログラムモジュール実行・デジタルデータ送信手段を構成し、前記複数のCPUの内の第1のCPUは、前記共有メモリを利用して前記記憶手段の処理および前記保護制御演算手段の処理をそれぞれ実行し、前記複数のCPUの内の第2のCPUは、前記共有メモリおよび前記共有通信インタフェースを利用して前記異常データ検出時刻送信手段の処理、前記プログラムモジュール実行手段におけるプログラムモジュール受信処理および前記デジタルデータ送信手段の処理をそれぞれ実行し、

前記複数のCPUの内の第3のCPUは、前記共有メモリを利用して前記第2のCPUにより受信処理されたプログラムモジュールを実行する処理を行なうようにしたことを特徴とする請求項18記載の電力系統保護制御システム。

【請求項24】 前記各保護制御装置は、他保護制御装置の精密時刻取得手段により取得された精密時刻を前記通信ネットワークを介して入手する精密時刻入手手段と、入手された他保護制御装置の精密時刻に基づいて自保護制御装置で取得された精密時刻が正確か否かを確認する精密時刻確認手段とを備えたことを特徴とする請求項17記載の電力系統保護制御システム。

【請求項25】 前記複数の保護制御装置における少なくとも1つの保護制御装置は、他保護制御装置と前記通信ネットワークとは異なる通信線により接続されており、

前記他保護制御装置の前記周期信号取得手段は精密時刻を取得する精密時刻取得手段であり、当該他保護制御装置は、前記精密時刻取得手段により取得された精密時刻を構成する各時刻タイミングを表す信号と、各時刻タイミングの時刻を表す時刻データとを重畳して前記通信線を介して前記少なくとも1つの保護制御装置に対して送信する重畳送信手段手段を有しており、

前記少なくとも1つの保護制御装置の周期信号取得手段は、前記他保護制御装置から前記通信線を介して送信されてきた重畳信号を前記各時刻タイミングを表す信号と、各時刻タイミングの時刻を表す時刻データとに分離して前記周期信号を含む前記精密時刻を得る手段であることを特徴とする請求項16記載の電力系統保護制御システム。

【請求項26】 前記各保護制御装置の前記精密時刻取得手段は、複数の衛星から送信されたGPS信号を受信し、受信したGPS信号に基づいて第1の精密時刻を取得する第1の精密時刻取得部と、地上波を受信し、受信した地上波に基づいて第2の精密時刻を取得する第2の精密時刻取得部と、前記第1の精密時刻取得部により取得された第1の精密時刻と前記第2の精密時刻取得部に

より取得された第2の精密時刻との位相差を計測し、計測した位相差に基づいて前記第2の精密時刻を補正する補正手段とを備え、

前記デジタルデータ収集手段は、前記第1の精密時刻取得部により取得された第1の精密時刻に応じて前記状態量を順次サンプリングしてデジタルデータを収集し、前記第1の精密時刻取得部により第1の精密時刻が取得できない際には、前記補正手段により補正された第2の精密時刻に応じて前記状態量を順次サンプリングしてデジタルデータを収集するようにしたことを特徴とする請求項17記載の電力系統保護制御システム。

【請求項27】 前記各保護制御装置は、前記精密時刻代替用の時刻を取得する時刻取得手段と、前記精密時刻取得手段により取得された精密時刻に基づいて前記時刻を校正する時刻校正手段とを備え、

前記デジタルデータ収集手段は、前記精密時刻取得手段により精密時刻が取得できない際に、前記時刻校正手段により校正された時刻に応じて前記状態量を順次サンプリングしてデジタルデータを収集するようにしたことを特徴とする請求項17記載の電力系統保護制御システム。

【請求項28】 前記各保護制御装置は、前記他装置の保護制御演算手段が保護制御動作を実行した結果、自保護制御装置のデジタルデータ収集手段により収集されたデジタルデータが状態変化した際に、前記他保護制御装置のデジタルデータ収集手段により収集されたデジタルデータを前記通信ネットワークを介して受信する受信手段と、前記送電線定数記憶手段に記憶された送電線定数および前記受信した前記他保護制御装置のデジタルデータに基づいて自保護制御装置の電気量データの状態変化を算出する手段と、前記デジタルデータ収集手段により収集されたデジタルデータの状態変化が前記他装置のデジタルデータおよび送電線定数に基づいて算出されたデジタルデータの状態変化の範囲内であるか否かを判断することにより、前記自装置の保護制御対象に系統事故が発生したか否かを判定する判定手段とを備えたことを特徴とする請求項19記載の電力系統保護制御システム。

【請求項29】 前記各保護制御装置は、他保護制御装置および前記表示操作装置の内の少なくとも一方から送信された系統変更要求に応じて自保護制御装置の保護制御動作に係わる設定値を変更する変更手段を備えたことを特徴とする請求項18記載の電力系統保護制御システム。

【請求項30】 前記複数の保護制御装置における所定の保護制御装置は、事故発生時において当該事故に関連して異常が検出された複数の保護制御装置から事故時の前記電力系統の状態量を表すデジタルデータを、前記異常検出時の絶対時刻を付加した状態で前記通信ネットワークを介して収集する収集手段と、収集された異常検

出時の絶対時刻付きのデジタルデータに基づいて、前記異常検出された複数の保護制御装置間の異常検出時刻の遅延状態を求める手段と、求められた遅延状態に応じて事故点の距離および異常要因を推定する推定手段とを備えたことを特徴とする請求項18記載の電力系統保護制御システム。

【請求項31】 前記電力系統と前記各保護制御装置との間を前記通信ネットワークとは別個の第2の通信ネットワークを用いて接続し、前記電力系統の状態量を前記第2の通信インタフェースを介して前記各保護制御装置へ供給するようにしたことを特徴とする請求項16記載の電力系統保護制御システム。

【請求項32】 状態量入出力器や開閉機器を含む複数の設備機器を有する電力系統等のプラントに対する制御を少なくとも前記状態量入出力器に設置された第1のコンピュータおよび前記開閉機器に設置された第2のコンピュータを含む複数のコンピュータを用いて行なうための制御プログラムを記憶した記憶媒体において、前記制御プログラムは、前記第1のコンピュータに精密時刻を取得させる手順と、前記第1のコンピュータに前記精密時刻に応じて前記状態量入出力器の状態量を所定の周期毎にサンプリングさせ、このサンプリングした状態量をデジタルデータに変換させる手順と、前記第1のコンピュータに前記デジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加させ、精密時刻付きのデジタルデータとして通信ネットワークへ送出させる手順と、前記第2のコンピュータに前記開閉機器における開閉機器の動作状態を前記通信ネットワークへ送出させる手順と、前記複数のコンピュータにおける少なくとも1つのコンピュータに前記通信ネットワークを介して送られてきた前記精密時刻付きデジタルデータおよび動作状態を受信処理させ、この受信処理した精密時刻付きデジタルデータおよび動作状態に基づいて演算処理を実行させる手順と、前記演算処理結果に応じて前記少なくとも1つのコンピュータに前記開閉機器に対する動作制御指令を前記通信ネットワークへ出力させる手順と、前記第2のコンピュータに前記通信ネットワークを介して出力されてきた動作制御指令を受信処理させる手順と、前記第2のコンピュータに前記受信処理した動作制御指令に基づいて前記開閉機器を動作制御させる手順とを含むことを特徴とする記憶媒体。

【請求項33】 電力系統から入力された状態量に基づいて複数のコンピュータを用いて演算処理を行ない前記電力系統の保護制御を行なうための保護制御プログラムを記憶した記憶媒体において、前記保護制御プログラムは、前記複数のコンピュータにおける第1のコンピュータに精密時刻を取得させる手順と、前記第1のコンピュータに前記需給系統の状態量を前記精密時刻に応じて所定の周期毎にサンプリングさせ、かつサンプリングした状態量をデジタルデータに

変換させる手順と、前記第1のコンピュータに前記デジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加させ、精密時刻付きのデジタルデータとして通信ネットワークへ送出させる手順と、前記複数のコンピュータにおける第2のコンピュータに前記通信ネットワークを介して順次送られてきた前記精密時刻付きのデジタルデータを受信処理させる手順と、前記第2のコンピュータに受信処理した精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて時系列的に整列させる手順とを含むことを特徴とする記憶媒体。

【請求項34】 電力系統における複数の設備機器に対応して設置された保護制御用コンピュータを含む複数のコンピュータを用いて前記電力系統の保護制御を行なうための保護制御プログラムを記憶した記憶媒体において、

前記保護制御プログラムは、前記複数の設備機器に対応して設置された各保護制御用コンピュータに精密時刻を取得させる手順と、前記各保護制御用コンピュータに複数の設備機器における保護制御対象となる設備機器の状態量を前記精密時刻に応じて所定の周期毎にサンプリングさせ、サンプリングした状態量をデジタルデータにそれぞれ変換させる手順と、前記各保護制御用コンピュータに前記デジタルデータに基づいて前記保護制御対象となる設備機器に故障が発生したか否かを判定させ、その判定結果に応じて保護制御演算処理を実行させる手順と、前記保護制御演算処理手順における故障判定処理手順とは別個に、前記各保護制御用コンピュータに前記デジタルデータに基づいて前記保護制御対象となる設備機器および非保護制御対象となる設備機器に対して故障が発生したか否かを判定させる手順と、この判定結果において前記保護制御対象となる設備機器および非保護制御対象となる設備機器の内の少なくとも一方に故障が発生したと判定した際に、前記各保護制御用コンピュータに前記デジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加させ、精密時刻付きのデジタルデータとして記録させる手順と、前記各保護制御用コンピュータに前記記録した精密時刻付きデジタルデータを通信ネットワークへ送出させる手順と、前記複数のコンピュータにおける少なくとも1つのコンピュータに前記通信ネットワークを介してそれぞれ送られてきた複数の精密時刻付きデジタルデータを受信処理させる手順と、前記少なくとも1つのコンピュータに前記受信処理した複数の精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて時系列的に整列させる手順とを含むことを特徴とする記憶媒体。

【請求項35】 電力系統の複数の設備機器を複数の保護制御用コンピュータを用いて保護制御を行なうための保護制御プログラムを記憶した記憶媒体において、前記保護制御プログラムは、前記各保護制御用コンピュータに精密時刻を取得させる手順と、前記各保護制御用

コンピュータに保護制御対象となる設備機器の状態量を前記精密時刻に応じて所定の周期毎にそれぞれサンプリングさせ、かつサンプリングした状態量をデジタルデータにそれぞれ変換させる手順と、前記各保護制御用コンピュータに前記変換したデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加させ、精密時刻付きのデジタルデータとして通信ネットワークへ送出させる手順と、前記通信ネットワークを介して他のデジタル形保護制御装置から順次送られてきた精密時刻付きデジタルデータを前記各保護制御用コンピュータに受信させる手順と、前記受信した複数の精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて前記各保護制御用コンピュータに時系列的に整列させる手順と、前記変換したデジタルデータおよび前記時系列的に整列したデジタルデータの内のどちらか一方に基づいて前記各保護制御用コンピュータに保護制御演算を実行させる手順とを含むことを特徴とする記憶媒体。

【請求項36】 電力系統から入力された保護制御対象に係わる状態量に基づいて演算処理を行ない前記電力系統の保護制御を行なう複数の保護制御用コンピュータを通信ネットワークを介してデータ送受信可能に相互接続して構成されており、精密時刻を取得する精密時刻取得回路を有する電力系統保護制御システムにおける保護制御プログラムを記憶した記憶媒体であって、前記電力系統の状態量を前記精密時刻取得回路により取得された精密時刻に応じて前記各保護制御用コンピュータに他の保護制御用コンピュータと同一のタイミングで順次サンプリングさせてデジタルデータを収集させる手順と、収集したデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加し、精密時刻付きのデジタルデータとしてメモリに記憶させる手順とを備えたことを特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電力系統、一般産業プラントおよび公共プラント等の制御対象プラントにおける例えば計器用変成器等の状態量入出力器や開閉機器を含む複数の設備機器から入力された状態量に基づいて前記制御対象プラントの制御（保護制御等）を行なう制御システム、電力系統保護制御システムおよび記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】電力量等の刻々変動する状態量を管理する電力系統等のプラントにおいては、そのプラントを構成する複数の設備機器の変動状態やその複数の設備機器に対して発生した事故等の異常事態を把握して安定化制御や系統保護制御を行なう複数のデジタル形制御装置を備えた制御システムが広く運用されている。特に、近年では、高速処理マイクロプロセッサや大容量メモリ等の高い性能を有する電子デバイスを各デジタル形制御

装置に搭載しており、高機能化を図っている。

【0003】上述した制御システムを構成するデジタル形制御装置としては、主に電力システムに対する保護制御内容に応じて種々の装置が開発され、電力システムの所要箇所に適用されている。具体的には、電力システムの各設備機器（送電線、変圧器等）に生じた事故（系統事故）を検出して事故発生部分を電力システムから切り離すことにより電力システムを保護するデジタルリレー、例えば送電線上の事故点（故障点）の位置を高精度に標定する故障点標定装置（フォルトロケータ）および電力システムの安定化制御を行なう系統安定化リレー装置等がある。

【0004】以下、デジタル形制御装置として、電力システムに対する保護リレー動作を行なうデジタル形保護制御装置（デジタルリレー）の構成および動作を説明する。

【0005】図60は、従来の多入力用のデジタルリレーの基本的な構成を示す図である。図60によれば、デジタルリレー1は、保護制御対象となる電力システムから電流や電圧等の多数のアナログ状態量（電気量）を取り込んでデジタルデータに変換するアナログ・デジタル変換部2と、このアナログ・デジタル変換部2によりデジタル化された状態データに基づいて保護制御演算を行なうデジタル演算部3と、遮断器や保護リレー等の電力系統保護制御機器（以下、単に保護制御機器という）とのデータ入出力に関するインタフェース処理を行なう入出力インタフェース部（I/O）4とを備えており、このデジタルリレー1の各構成要素（アナログ・デジタル変換部2、演算部3および入出力インタフェース部4）は、互いにデータ送受信可能にバス5を介して相互接続されている。

【0006】アナログ・デジタル変換部2は、入力される電気量（ $A-1 \sim A-n$ ）の数に対応する n 個の不要周波数成分除去用のアナログフィルタ6-1～6-nと、これら各アナログフィルタ6-1～6-nに対応するサンプリング用のサンプリングホールド回路7-1～7-nと、選択出力用のマルチプレクサ8と、A/D変換用のA/D変換器9とを備えており、また、デジタル演算部3は、コンピュータ回路、すなわち保護制御演算処理実行用のCPU10と、電気量データやCPU10の処理時のデータを一時的に保存するためのランダムアクセスメモリ（RAM）11と、保護制御の処理手順（プログラム）保存用の読み出し専用メモリ（ROM）12および整定値を書換可能に記憶するための不揮発性メモリ（EEPROM）13とを備えている。

【0007】また、デジタルリレー1は、バス5に接続され、CPU10の処理によりRAM11に保存された電気量データや遮断器等の保護制御機器の動作を表示するためのLED等の表示器14を備えている。

【0008】このように構成されたデジタルリレー1によれば、電力システムから並列的に取り込まれた n 個の電

気量 $A-1 \sim A-n$ は、アナログフィルタ6-1～6-nを介して不要な周波数成分（基本波以外の高調波成分や直流分等）がそれぞれ除去された後サンプリングホールド回路7-1～7-nに送られ、予め定めた時間間隔（周期）で状態値（瞬時値）としてそれぞれサンプリングされる。

【0009】サンプリングホールド回路7-1～7-nによりそれぞれサンプリングされた瞬時値は、マルチプレクサ8を介して単一の出力端から順次選択的に出力されてA/D変換器9に送られる。そして、A/D変換器9に送られた瞬時値は、そのA/D変換器9を介してデジタル化された電気量データに変換された後、バス5を介してデジタル演算部3に順次出力される。

【0010】デジタル演算部3に順次出力された電気量データは、ROM12に記憶された保護制御プログラムに基づくCPU10の読込処理により順次RAM11に転送されて一時的に格納される。

【0011】そして、このRAM11に格納された電気量データ、EEPROM13に記憶された保護リレー動作の整定値および入出力インタフェース部4を介して取り込まれた遮断器等の外部機器の接点情報等に基づいて、CPU10によりROM12に記憶された保護制御プログラムに従った保護制御演算処理（例えば、デジタルフィルタリング処理、振幅値演算処理、実効値演算処理、位相差演算処理および整定値に基づく動作判定処理等）が実行される。

【0012】CPU10の上述した保護制御演算処理により得られた結果は、CPU10の処理により例えば遮断器等の外部機器（保護制御機器）への引外し指令（トリップ指令）や投入指令等の保護制御動作指令として入出力インタフェース部4を介して遮断器等の保護制御機器へ出力され、電力系統保護制御動作（引外し動作・投入動作（接点開閉動作）等）が実行される。

【0013】また、RAM11に記憶された電気量データは、CPU10の表示処理により表示器14を介して電気量として表示される。

【0014】したがって、上記デジタル形保護制御装置を複数個備えた制御システムにおいては、電力系統監視員は、各デジタル形保護制御装置の表示器14を介して表示された値を他のデジタル形保護制御装置の表示器で表示された値と比較して、各デジタル形保護制御装置が正しい状態量を取得して正常に機能しているかを判断することができる。なお、デジタルリレー以外の他の保護制御機能を有するデジタル形保護制御装置においても、保護制御演算処理や保護制御内容は異なるものの、上述したデジタルリレー1と略同等の構成を有し、同様の動作処理を行なうようになっている。

【0015】近年では、電力需要の増大に伴って電力系統等のプラントは広域化・分散化しており、このような広域に分散された電力系統等のプラントを制御するため

の電気所等の制御所およびこの制御所に設けられたデジタル形保護制御装置（以下、単に保護制御装置ともいう）等の制御装置の個数も増大している。

【0016】したがって、このような広域分散された複数の電気所等の制御所に設けられた複数の保護制御装置等の制御装置それぞれに対する監視・運用操作・保守作業を省力化するために、例えば複数の保護制御装置等の制御装置とこれら制御装置に対して遠方に配置された例えば有人制御所（有人電気所）内の表示操作装置とを通信ネットワークを介して接続し、表示操作装置から各制御装置（保護制御装置）の動作や運用状態を監視制御する遠隔運用監視型制御システム（以下、遠隔運用監視システムともいう）が考え出されている。

【0017】例えば電力システムに対する遠隔運用監視システムにおいては、遠方の表示操作装置から各保護制御装置に対して通信ネットワークを介してその動作や運用状態に係わる処理要求や、電力システムから入力した状態量（電気量）の表示要求等をそれぞれ送り、各保護制御装置が上記要求に応じた処理を行なってその処理結果（応答）や電気量データ（電流、電圧等の電気量をデジタルデータに変換したもの）を表示操作装置に通信ネットワークを介して転送することにより、上記処理結果や電気量を表示操作装置側で表示することができる。

【0018】特に、上記遠隔運用監視システムをより高度化した例として、特開平10-222785に開示されたシステム（以下、エージェント型保護制御システムとも呼ぶ）がある。

【0019】このエージェント型保護制御システムによれば、表示操作装置から保護制御機能に係わる遠隔監視制御用（例えば整定値設定用、電気量取得・表示用、保護制御演算用等）のデータおよびその手続きが一体化されたプログラムモジュール（エージェント）を通信ネットワークへ送出し、このプログラムモジュールを通信ネットワークを介して各保護制御装置間で移動させる。このとき、各保護制御装置は、移動してきたプログラムモジュールを受信して当該プログラムモジュールに基づいて所定の制御処理を実行し、得られた結果（制御結果）やデータをプログラムモジュールに付加して他の保護制御装置へ移動させる。

【0020】このようにして、所定の移動経路に基づいてプログラムモジュールを例えば全ての保護制御装置に移動させた後、このプログラムモジュールを表示操作装置へ転送する。この結果、表示操作装置において上記各保護制御装置の制御結果に基づいて表示処理および故障検出処理等を含む制御演算処理が行なわれる。

【0021】したがって、上記エージェント型保護制御システムによれば、広域分散された多数のデジタル形保護制御装置に対して個別に処理要求や表示要求を送る必要がなく、より効率的に各デジタル形保護制御装置を運用・監視制御することができる。

【0022】一方、図61は、上述した構成・動作を有するデジタル保護制御装置（デジタルリレー）を電力系統の送電線や母線等の設備機器へ配置した際の単線結線図を示す図である。図61によれば、電力系統15の送電線16A、16Bには、これら送電線16A、16Bや母線17を流れる状態量（電力量、例えば電流や電圧）を計器用変流器18Aや計器用変圧器18B（以下、電力量変換器と総称する）により入力し、この入力された状態量に基づいて上述した保護制御処理を行なって遮断器19A、19Bを保護動作させることにより送電線16A、16Bを保護する送電線保護リレー1A、1Bがそれぞれ配設されている。

【0023】同様に、遮断器19A～19Cを保護動作させて送電線16A～16Cから電力系統15の母線17を切り離してその母線17を保護する母線保護リレー1Cが配設され、さらに、電力系統15の変圧器21の上流側および下流側を流れる状態量を電気量変換器18A、18Aを介して入力し、入力された状態量に基づいて遮断器19C、19Dを保護動作させて変圧器20を保護する変圧器保護リレー1Dが配設されている。

【0024】ところで、制御システムを構成するデジタルリレー等の各デジタル形保護制御装置では、アナログ形の保護制御装置と同様に、その動作確認試験を行なうことによりデジタル形保護制御装置の信頼性を高め、ひいては電力系統の信頼性・安全性を高めている。

【0025】図62は、デジタル形保護制御装置の動作確認試験の種類を示す図である。この試験項目の中で受入試験を例にとりて従来の動作確認試験について説明する。

【0026】受入試験は、図63に示すような項目の試験を順次実施するものである。この内、例えば総合動作試験は、型式試験の終了したデジタル形保護制御装置（被試験装置）に試験電気量を定常状態から実故障と同様な状態に急変印加し、被試験装置の総合的な機能を検証する試験であり、発電機や送電線等の電力系統構成要素をモデル化したシステムモデルを有するシステム模擬装置を用いて行なわれる。

【0027】すなわち、システム模擬装置により、そのシステムモデルを介して予め定められた事故現象（系統故障）が模擬されて作成された試験電気量が被試験装置に印加され、この試験電気量に応じた被試験装置の動作を確認している。なお、システム模擬装置の具体例は、文献（三谷泉編、オーム社、「デジタルリレー実務読本」P152～154）に記載されている。

【0028】また、従来の遠隔運用監視システム等の電力系統保護制御システムにおける各保護制御装置では、動作確認試験時や実際の系統事故等が発生した際に、取得された電気量データに基づいて過電流、不足電圧等の異常状態が複数のリレー要素により検出されると、外部機器（遮断器）に対して遮断指令が送信されて遮断器が

動作する。このとき、各保護制御装置では、上記複数のリレー要素の動作タイミング（あるいは遮断器の遮断動作タイミング）の前後の電気量データを例えば数サイクル分記憶するようになっている。

【0029】このとき、専用記録ユニットおよびパーソナルコンピュータで構成された解析ツールをデジタル形保護制御装置に接続することにより、上記系統事故発生時（リレー要素起動時、遮断器動作時）の前後数サイクル分の電気量データに基づいてデジタル形保護制御装置内部の応動状態や状態量の変化等を例えば解析ツール（例えば、パーソナルコンピュータ等で構成されたデータアナライザ等）により解析して事故原因を追及する処理が行なわれる。また、上記解析ツールにより解析された事故現象結果は、その解析ツールのモニタを介して人間に分かりやすい形式で加工して表示することができる。

【0030】したがって、試験者は、解析ツールを介して表示されたデータを視認することにより、系統事故に係わるデジタル形保護制御装置内部の応動状態を確認することができる。なお、上記解析ツールの具体例は、文献（三谷泉編、オーム社、「デジタルリレー実務読本」P155～156）に記載されている。

【0031】

【発明が解決しようとする課題】従来のデジタル形保護制御装置では、図61に示したように、保護制御対象となる電力系統の設備機器の状態量を電気量変換器18A、18Bより入力しているため、保護制御対象が異なる各デジタル形保護制御装置（送電線保護リレー1A、1B、母線保護リレー1Cおよび変圧器保護リレー1D）では入力される状態量が異なる。

【0032】したがって、異なる保護制御対象用のデジタル形保護制御装置を同一のハードウェア構成で実現することができず、多種類の保護制御対象に対して保護制御を行なう制御システムにおいては、各種の保護制御対象毎に個別のハードウェア構成を有するデジタル形保護制御装置が必要になり、システム全体のコストを高めてその経済性を悪化させていた。

【0033】また、デジタル形保護制御装置が設置される各電気所においては、その各電気所の保護制御区間における電力系統構成設備機器は、その機器構成上の制約や電気所立地上の制約等により、必ずしも全て同一に構成されてはいなかった。

【0034】例えば、図64に示すように、電気所25Aの母線17Aおよび電気所25Bの母線17Bは遮断器19Aを介して送電線16により連系している。このとき、電気所25Bの母線17Bの送電線引き出し部には、電気所25Bの立地上の問題により遮断器が設置されていなかった。

【0035】したがって、送電線16上の事故点F1で事故が発生した場合、本来であればデジタル形保護制

御装置26Aおよび26Bは、電気量変換器18A、18Aを介して送電線16を流れる状態量の変化から事故を検出し、遮断器に対して引き外し指令を与えて事故区間を速やかに健全区間から分離する。

【0036】しかしながら、上述した構成では、電気所25B内の母線17B側の送電線引き出し口には遮断器が設定されていないため、電気所25A内のデジタル形保護制御装置26Aは、遮断器19Aに対して引き外し指令を送信して遮断器19Aを介して保護制御動作を実行するが、電気所25B内のデジタル形保護制御装置26Bは、次区間を保護する電気所25C内のデジタル形保護制御装置26Cに対して遮断器引き外し指令（遮断指令）を転送し、デジタル形保護制御装置26Cは、転送された遮断指令に応じて遮断器19Bに対して引き外し指令を出力して事故区間を健全区間から切り離している。

【0037】すなわち、デジタル形保護制御装置26Bは、次区間のデジタル形保護制御装置26Cに対して転送遮断指令を出力する回路が必要になるため、デジタル形保護制御装置26Aとデジタル形保護制御装置26Bとを同一のハードウェア構成で実現することができなかった。

【0038】また、デジタル形保護制御装置26Cは、転送遮断指令を受信処理して遮断器19Bに対して引き外し指令を出力する回路が必要になるため、上記デジタル形保護制御装置26Aおよびデジタル形保護制御装置26Bと同一のハードウェア構成では実現することはできない。

【0039】このように、各電気所の電力系統を構成する設備機器が異なる場合には、その電気所毎に異なるハードウェア構成を有するデジタル形保護制御装置を作成しなければならないため、多数の電気所を有する制御システム全体の製造コストを増大させて経済性を悪化させていた。

【0040】さらに、上述した多種類の保護制御対象となる設備機器を有する多数の電気所を備えた制御システムにおいては、各デジタル形保護制御装置のハードウェア構成が異なるため、その各デジタル形保護制御装置に実装される保護制御演算処理用ソフトウェア（プログラム）は、異なるハードウェア構成に対応させて個別に製作する必要があるため、各デジタル形保護制御装置の製造コストを高めてその経済性を悪化させていた。また、各ハードウェアのデジタル形保護制御装置に組み込まれた保護制御演算処理用ソフトウェアに対する試験、運用および管理は、各デジタル形保護制御装置毎に個別に行なわなければならないため、その保護制御用ソフトウェアの試験、運用および管理コストの増大を招くとともに、保護制御用ソフトウェアの信頼性を低下させていた。

【0041】一方、従来の複数のデジタル形保護制御

装置を電力系統の送電線や母線等の複数の設備機器毎に配設した電力系統保護制御システム、および上記複数のデジタル形保護制御装置と遠隔運用監視制御用の表示操作装置とを通信ネットワークを介して接続して構成された電力系統保護制御システムにおいては、電力系統監視員（遠隔監視操作者）は、各デジタル形保護制御装置の表示器を介してそのデジタル形保護制御装置が取得した電氣量を順次視覚により確認していくため、各デジタル形保護制御装置が取得した同時刻の電氣量を厳密に確認することはできず、信頼性が悪化していた。また、各装置で取得された多数の電氣量を多数の表示器を用いて逐一確認していかなければならず、監視員の負担の増加および部品コスト増に基づく経済性の悪化を招いていた。

【0042】特に、従来のエージェント型保護制御システムによれば、例えば各保護制御装置で取得された電氣量に基づいて表示操作装置側で、事故点標定等を含む故障検出処理を行なう場合、ある保護制御装置（第1の保護制御装置）がプログラムモジュールを実行して得られた制御結果である電圧、電流等の電氣量データ（例えば、電氣角で3.75度（4.8KHz）、あるいは15度（1.2KHz）毎に取得される）をプログラムモジュールに付加して当該プログラムモジュールと共に次の保護制御装置（第2の保護制御装置）へ移動させ、第2の保護制御装置が移動してきたプログラムモジュールを実行して得られた電氣量データをプログラムモジュールに付加して当該プログラムモジュールと共に次の保護制御装置（第3の保護制御装置）へ移動させるようになっている。すなわち、各保護制御装置毎にプログラムモジュールの実行、制御結果である電氣量データのプログラムモジュールに対する付加、次の保護制御装置へのプログラムモジュールの移動が順次行なわれ、表示操作装置では、最終的に移動してきたプログラムモジュールに付加された各保護制御装置の電氣量データに基づいて故障検出処理が行なわれる。

【0043】このとき、表示操作装置で故障検出処理を実行して電力系統の故障を検出するためには、各保護制御装置において同一タイミングで検出された電氣量データ、すなわち、各保護制御装置間で精密に（例えば、 μ s単位、 1μ s程度のレベルで）同期化された電氣量データが必要である。

【0044】しかしながら、上述したように、エージェント型保護制御システムでは、プログラムモジュール移動毎、すなわち、各保護制御装置間で異なるタイミングで電氣量データが取得されることになる。また、一般に用いられる電話回線網等の通信ネットワークでは、そのネットワークの負荷状況や雑音により通信データの伝送が数十ミリ秒から数秒程度の遅延が生じる可能性が高いため、上記通信ネットワークを介して例えば同期信号を各保護制御装置に送信することにより互いの精密な同期

化を行なうことも不可能であった。

【0045】したがって、通信ネットワークを介してプログラムモジュールを移動させるエージェント型保護制御システムでは、各保護制御装置で取得された電氣量データを同期化することは難しく、正確な故障検出を行なうことは困難であった。

【0046】この点、電氣所単位では、通信ネットワークとは別個の信号線を敷設し、この信号線を介して同一電氣所内の複数の保護制御装置を相互接続することにより、複数の保護制御装置間で同期信号を送受信して同期化を図ることも可能である。

【0047】しかしながら、上述した遠隔運用監視システムでは、広域に分散された複数の電氣所それぞれに設けられた保護制御装置間で上記同期化用の信号線を敷設することは経済的および作業量的な面から容易ではなく、また、遠隔運用監視システムの実用性を大きく悪化させる恐れも生じていた。

【0048】また、従来の遠隔運用監視システム等の電力系統保護制御システムでは、故障検出処理として、例えば送電線端の間で地絡事故が発生した際の事故判定（検出）、およびその事故点を標定する処理（フォールトロケータ）を行なう場合に必要な送電線定数（測距インピーダンス）は、送電線設計データに基づいて机上で計算して求められた値に設定されていたため、実際の電力系統における電氣量（事故発生送電線の電流等）を用いることができなかった。したがって、設定された送電線定数が誤差を含む恐れがあり、正確な事故点の標定ができなくなる危険性が生じていた。さらに、送電線定数は、上記机上で計算していた値に固定されていたが、気象条件の変動に影響を受けて送電線定数を求めるための送電線電流値等のパラメータは絶えず変化するため、固定した送電線定数を用いて事故点標定を行なっても、事故点標定の精度は高くならなかった。

【0049】この点、従来では、保護制御装置とは別個の演算装置やメモリ等から構成された測定装置により送電線定数演算に必要なパラメータを電力系統（送電線）から測定し、測定した値に基づいて送電線定数を演算して求めていた。

【0050】しかしながら、従来の測定装置を用いて送電線定数を求める手法では、保護制御装置とは別個の測定装置を必要とするため経済的ではなく、また、送電線定数を求めるには、常に測定装置を電力系統（送電線等）に設置して送電線定数に必要なパラメータを測定しなければならず、定期的あるいは随時、送電線定数を求めることは困難であった。

【0051】さらに、従来の遠隔運用監視システム等の電力系統保護制御システムでは、各保護制御装置は、表示操作装置から通信ネットワークを介して送られるデータ入出力処理および制御要求解釈処理と、電力系統からの電氣量取得処理とを単一の処理部により行なってい

た。しかしながら、上記表示操作装置からの通信ネットワークを介したデータ入出力処理および制御要求解析処理は処理負荷が非常に大きく、一方で電力系統から一定周期で電氣量取得処理を行なわなければならないため、単一の処理部で上記通信ネットワークを介したデータ入出力処理および制御要求解析処理と電氣量取得処理とを両立して行なうことが難しく、何れかの処理が遅延する恐れがあり、電力系統保護制御システムの保護制御動作に支障を来す危険性が生じていた。

【0052】そして、従来の遠隔運用監視システム等の電力系統保護制御システムにおいては、各デジタル形保護制御装置間、および各デジタル形保護制御装置と表示操作装置との間のデータの入出力は通信ネットワークを経由して行なわれている。

【0053】しかしながら、電力系統におけるセンサ等の電氣量取得用設備機器と各デジタル形保護制御装置（そのアナログ入力インタフェース）との間、および電力系統におけるスイッチ等の遮断器（外部機器）動作用設備機器と各デジタル形保護制御装置（その外部動作指令信号出力に関するI/Oインタフェース）との間は、それぞれ個別に専用線で接続されていた。

【0054】このため、上記電氣量取得用設備機器および上記外部機器動作用設備機器の数は非常に多く、それに比例して専用線の数も多くなることになり、電力系統保護制御システムの設備コストおよび専用線接続に関する作業量を増大させていた。また、上述した専用線を用いて電力系統とデジタル形保護制御装置との間のインタフェースを行なう電力系統保護制御システムにおいては、近接配置された複数のデジタル形保護制御装置間において、あるデジタル形保護制御装置が他のデジタル形保護制御装置の保護制御対象の所定の設備機器の電氣量を使用したい場合、そのデジタル形保護制御装置（要求元デジタル形保護制御装置）は、他のデジタル形保護制御装置（要求先のデジタル形保護制御装置）の保護制御対象の所定の設備機器からセンサおよび専用線を介して要求先デジタル形保護制御装置へ取り込まれた電氣量を通信ネットワークを介して取得しなければならない。

【0055】しかしながら、要求先デジタル形保護制御装置においては、所定の設備機器からセンサおよび専用線を介して電氣量を一定周期で連続して収集しており、このように連続して収集された電氣量（電氣量データ）を通信ネットワークを経由して要求元デジタル形保護制御装置へ送らなければならないため、通信ネットワークの通信負荷を非常に重くする結果を招いていた。

【0056】また、要求先デジタル形保護制御装置は、要求元デジタル形保護制御装置から電氣量使用要求があると、センサを介して電力系統から連続して収集した電氣量（電氣量データ）をさらに連続して通信ネットワークへ送出する処理を行なう必要があり、要求先デ

ジタル形保護制御装置の処理効率を低下させていた。一方、従来のデジタルリレー等のデジタル形保護制御装置では、前掲図63に示した項目の受入試験を行なっている。この受入試験の各試験項目の内、総合動作試験は、系統模擬装置を用いて系統故障を模擬し、この結果得られた試験電氣量を被試験装置であるデジタル形保護制御装置に印加してデジタル形保護制御装置の総合動作を確認する非常に重要な試験項目である。

【0057】しかしながら、従来のデジタル形保護制御装置に対して行なわれる総合動作試験において、系統模擬装置により模擬される系統故障（事故）は、その系統模擬装置内に予め装備されている系統事故のみであり、また、系統モデルも実際の電力系統の全てを完全にモデル化できるわけではなく、実際の複雑な系統事故を全て模擬することはできない。したがって、例えば隣接する平行2回線の送電線における各送電線間の電磁誘導については、その送電線に対して作用する様々な電界および磁界を全てモデル化することはできず、そのような電磁誘導を模擬することはできなかった。

【0058】さらに、近年においては、実際に設置される電力系統の複雑化、および電力需要および供給の増大に起因する重潮流化により、実際の電力系統では、様々で複雑な様相の系統事故が想定される。

【0059】しかしながら、従来のデジタル形保護制御装置では、系統モデルに基づく系統事故模擬により試験電氣量を取得しているため、実際の複雑化かつ重潮流化した電力系統で起こり得る系統事故と同様の試験電氣量を用いて総合動作試験を行なうことができず、被試験装置（デジタル形保護制御装置）の信頼性を低下させていた。

【0060】また、従来の複数のデジタル形保護制御装置を有する遠隔運用監視システム等の電力系統保護制御システムにおいては、各デジタル形保護制御装置は、上述したように、系統事故発生時（あるいは系統事故模擬時）の複数のリレー要素の起動、あるいは遮断器等の外部機器の動作に応じて、その起動タイミング（動作タイミング）の前後の数サイクル分の状態量（電氣量データ）を内部のメモリに記憶するようになっている。

【0061】しかしながら、従来の電力系統保護制御システムによれば、異常を検出した保護制御装置はその電氣量データを取得するが、当該異常検出保護制御装置の周囲の（例えば隣接する）他の保護制御装置では、上記異常に基づく状態量変化は検出されるものの遮断器の遮断動作には至らない場合が多く（例えば、単一のリレー要素しか起動していない場合等）、したがって、他の保護制御装置においては電氣量データが記憶されなかった。このため、事故検出保護制御装置で記憶された電氣量データのみを用いて事故原因を追及する解析処理が行なわれることになり、詳細な故障原因を解析することは難しかった。

【0062】また、上述したように、従来の電力系統保護制御システムでは、系統事故発生時に不動作となったデジタル形保護制御装置の応動解析を実施することができないため、そのデジタル形保護制御装置の動作に問題が生じているか否かを判断することができなかった。このため、例えばデジタル形保護制御装置が誤不動作をしていても、その誤不動作を検出することができず、デジタル形保護制御装置の信頼性、延いては制御システム全体の信頼性を低下させる恐れが生じていた。

【0063】従来の複数のデジタル形保護制御装置を有する電力系統保護制御システムにおいては、各デジタル形保護制御装置は、上述したように、系統事故発生時の複数のリレー要素の動作や遮断器の動作等を起動タイミングとして、装置内部の応動状態や状態量の変化を表す電気量データを内部のメモリに記憶するようになっているため、系統事故が発生した際にリレー要素が正不動作となったデジタル形保護制御装置では、装置内部の応動状態や状態量の変化等を表す電気量データは保存されなかった。したがって、系統事故発生時に全てのデジタル形保護制御装置を通じて得られた電力系統全体の電気量（状態量）を使用した総合的な解析を行なうことができず、制御システム全体の信頼性を低下させる恐れがあった。

【0064】上述した電力系統の保護制御を行なう電力系統保護制御システムに対する各種の問題点は、電力系統以外の一般産業プラントや公共プラント等のプラントの制御を行なう制御システムに対しても現れている。

【0065】本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、電力系統等のプラントを構成する複数の設備機器から取り込まれた状態量に基づくデジタルデータ（電気量データ）を用いて各設備機器の制御を行なう制御システムおよび電力系統保護制御システムにおいて、複数の設備機器毎に制御機能を分割し、分割された機能を実行する手段を通信ネットワークを介して相互接続することにより、経済性および信頼性に優れた制御システムおよび電力系統保護制御システムを提供することをその第1の目的とする。

【0066】また、本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、電力系統等のプラントを構成する複数の設備機器から取り込まれた状態量に基づくデジタルデータを用いて各設備機器の制御を行なう複数のデジタル形制御装置を備えた制御システムにおいて、各デジタル形制御装置で取得される状態量の比較を同時刻に行なうことにより、制御システムの信頼性の向上、系統監視員の負担の低減および部品コストの低減を実現することをその第2の目的とする。

【0067】さらに、本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、遠隔運用監視システムにおいて各制御装置間（制御所間、電気所間）に同期化用の信号線を敷設することなく複数の制御装置で取得される電気量デー

タ等の状態量データを精密に同期化して、例えば正確な故障検出処理を行なうことをその第3の目的とする。そして、本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、固定した送電線定数を用いることなく、かつ保護制御装置とは別個の測定装置を用いることなく、実際の電力系統に基づく送電線定数を定期的あるいは随時求めることが可能な電力系統保護制御システムを提供することをその第4の目的とする。

【0068】本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、通信ネットワークを介したデータ入出力処理および制御要求解析処理と電気量取得処理とを両立してそれぞれ高速に行なうことを可能にした電力系統保護制御システムを提供することをその第5の目的とする。

【0069】また、本発明は、上述した事情に鑑みてなされてもので、電力系統と複数のデジタル形保護制御装置との間の電気量や動作指令信号等の受け渡しに関するインタフェースを複数の専用線を用いることなく行なうことにより、複数のデジタル形保護制御装置間および複数のデジタル形保護制御装置と表示操作装置との間のデータ送受信の通信インタフェースの処理負荷を低減し、かつ電力系統保護制御システムの設備コストおよび専用線接続に関する作業量を減少させることをその第6の目的とする。

【0070】さらに、本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、実際の電力系統等の設備機器で系統事故等が発生した際に生じる状態量と同一の試験状態量を用いて総合動作試験を行なうことを可能にして各デジタル形制御装置の信頼性、延いては電力系統保護制御システム全体の信頼性を向上させることをその第7の目的とする。

【0071】そして、本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、系統事故が発生しても、その系統事故発生に係わる保護制御装置以外のリレー要素や遮断器が不動作なデジタル形保護制御装置の応動解析を実行することにより詳細な故障原因の追及や総合的な解析を可能にして、デジタル形保護制御装置の信頼性およびこのデジタル形保護制御装置を用いた電力系統保護制御システムの信頼性を向上させることをその第8の目的とする。

【0072】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために、本発明の第1の態様に係る制御システムによれば、産業プラントや公共プラント等の制御対象プラントに係わる状態量を入力とし前記制御対象プラントの制御を行なう制御システムにおいて、精密時刻を取得する精密時刻取得手段、取得された精密時刻に応じて前記制御対象プラントの状態量をサンプリングしてデジタルデータに変換する変換手段および前記デジタルデータにサンプリング時点の精密時刻を付加して精密時刻付きデジタルデータを生成し、前記精密時刻付きデータを

通信ネットワークに送出する送出手段を有する状態量入出力器と、前記通信ネットワークを介して前記制御対象プラントに設けられた当該制御対象プラントの設備機器間を開閉する開閉機器の制御指令を受信する制御指令受信手段および前記開閉機器の動作状態を前記通信ネットワークに送出する動作状態送出手段を有する開閉機器と、前記精密時刻付きデータと前記開閉機器の動作状態に基づき制御演算を行なう演算手段およびこの演算手段の演算結果に基づき前記開閉機器に制御指令を前記通信ネットワークを介して送出する制御指令送出手段を有する保護演算器とを備えている。

【0073】上述した課題を解決するために、本発明の第2の態様に係る電力系統保護制御システムによれば、電力系統の状態量を入力とし前記電力系統の保護制御を行なう電力系統保護制御システムにおいて、精密時刻を取得する精密時刻取得手段、取得された精密時刻に応じて電力系統の状態量をサンプリングしてデジタルデータに変換する変換手段および前記デジタルデータにサンプリング時点の精密時刻を付加して精密時刻付きデジタルデータを生成し、前記精密時刻付きデータを通信ネットワークに送出する送出手段を有する状態量入出力器と、前記通信ネットワークを介して電力系統に設けられた系統間を開閉する開閉機器の制御指令を受信する制御指令受信手段および前記開閉機器の動作状態を前記通信ネットワークに送出する動作状態送出手段を有する開閉機器と、前記精密時刻付きデータと前記開閉機器の動作状態に基づき保護制御演算を行なう保護演算手段およびこの保護演算手段の演算結果に基づき前記開閉機器に制御指令を前記通信ネットワークを介して送出する制御指令送出手段を有する保護演算器とを備えている。

【0074】本発明の第2の態様に係る電力系統保護制御システムによれば、前記状態量入出力器は自己の動作状態を診断し、この自己診断結果を前記通信ネットワークに送出する自己診断結果送出手段を設けると共に、前記開閉機器に前記通信ネットワークを介して前記自己診断結果を受信し、受信した自己診断結果に応じて前記開閉機器の開閉動作を制御する手段を備えている。

【0075】特に、本発明の第2の態様に係る電力系統保護制御システムによれば、前記複数の状態量入出力器に設置された変換手段は、前記精密時刻取得手段により取得された精密時刻に応じて互いに同期させながら所定の周期毎にそれぞれサンプリングし、サンプリングした各状態量をそれぞれデジタルデータに変換するようになっており、前記複数の状態量入出力器に設置された送出手段は、前記各変換手段によりそれぞれ変換された複数のデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻をそれぞれ付加し、複数の精密時刻付きデジタルデータとして前記通信ネットワークへそれぞれ送出するようになっている一方、前記保護演算手段は、前記通信ネットワークを介して送られてきた前記複数の精密時刻

付きデジタルデータおよび動作状態を受信処理する受信処理手段と、受信処理された複数の精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて各状態量入出力器毎に時系列的に整列する整列手段と、この整列手段により時系列的に整列されたデジタルデータに基づいて保護制御演算を行なう保護制御演算手段とを備えている。

【0076】また特に、本発明の第2の態様に係る電力系統保護制御システムによれば、CPUおよびメモリ部を含むハードウェア構成要素から成るコンピュータ回路により前記精密時刻取得手段、前記変換手段および前記時刻付きデータ送出手段を構成し、前記CPUを含む前記コンピュータ回路に対して、前記メモリ部等の前記ハードウェア構成要素を含む当該コンピュータ回路自体の動作状態を自己診断する自己診断手段と、この診断手段の診断結果を前記通信ネットワークへ送信する送信手段とを設けるとともに、前記通信ネットワークを介して送信された自己診断結果を受信する自己診断結果受信手段と、この自己診断結果受信手段により受信された自己診断結果に応じて前記開閉機器に対する動作制御をロックするロック手段とを備え、当該自己診断結果受信手段およびロック手段を前記開閉機器に設置している。

【0077】上述した課題を解決するために、本発明の第3の態様に係る電力系統保護制御システムによれば、電力系統から入力された状態量に基づいて演算処理を行ない前記電力系統の保護制御を行なう電力系統保護制御システムにおいて、精密時刻を取得する精密時刻取得手段、前記電力系統の状態量を前記精密時刻取得手段により取得された精密時刻に応じて所定の周期毎にサンプリングし、サンプリングした状態量をデジタルデータに変換する変換手段およびこの変換手段により変換されたデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加し、精密時刻付きのデジタルデータとして通信ネットワークへ送出するデジタルデータ送出手段を有するデジタル形保護制御装置と、前記通信ネットワークを介して順次送られてきた前記精密時刻付きデジタルデータを受信処理する受信処理手段と、受信処理された精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて時系列的に整列する整列手段とを備えている。

【0078】特に、本発明の第3の態様に係る電力系統保護制御システムでは、前記デジタル形保護制御装置は前記複数の設備機器に対応して設置されているとともに、前記複数のデジタル形保護制御装置における各変換手段は、対応する設備機器の状態量を前記精密時刻取得手段により取得された精密時刻に応じて互いに同期させながら所定の周期毎にそれぞれサンプリングし、サンプリングした各状態量をそれぞれデジタルデータに変換するようになっており、前記複数のデジタル形保護制御装置における各デジタルデータ送出手段は、前

記各変換手段によりそれぞれ変換された複数のデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻をそれぞれ付加し、複数の精密時刻付きデジタルデータとして前記通信ネットワークへそれぞれ送出するようになっている一方、前記受信処理手段は、前記通信ネットワークを介して送られてきた前記複数の精密時刻付きデジタルデータを受信処理するように構成され、前記整列手段は、受信処理された複数の精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて前記各デジタル形保護制御装置毎に時系列的に整列するように構成されている。

【0079】上述した課題を解決するために、本発明の第4の態様に係る電力系統保護制御システムによれば、電力系統を保護制御するための複数のデジタル形保護制御装置と、前記複数のデジタル形保護制御装置を互いにデータ送受信可能に接続する通信ネットワークとを有する電力系統保護制御システムにおいて、前記各デジタル形保護制御装置は、精密時刻を取得する精密時刻取得手段と、保護制御対象となる設備機器の状態量を前記精密時刻取得手段により取得された精密時刻に応じて所定の周期毎にサンプリングし、サンプリングした状態量をデジタルデータにそれぞれ変換する変換手段と、この変換手段により変換されたデジタルデータに基づいて前記保護制御対象となる設備機器に故障が発生したか否かを判定し、その判定結果に応じて保護制御演算処理を実行する保護制御演算手段と、この保護制御演算手段の故障判定機能とは別個に、前記変換手段により変換されたデジタルデータに基づいて前記保護制御対象となる設備機器および非保護制御対象となる設備機器に対して故障が発生したか否かを判定する判定手段と、この判定手段の判定結果において前記保護制御対象となる設備機器および非保護制御対象となる設備機器の内の少なくとも一方に故障が発生したと判定された際に、前記変換手段により変換されたデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加し、精密時刻付きのデジタルデータとして記録する記録手段と、この記録手段に記録された精密時刻付きデジタルデータを読み出して前記通信ネットワークへ送出するデジタルデータ送出手段とをそれぞれ備えるとともに、前記通信ネットワークに接続され前記各デジタル形保護制御装置から前記通信ネットワークを介してそれぞれ送られてきた複数の精密時刻付きデジタルデータを受信処理する受信処理手段と、前記受信処理された複数の精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて前記各デジタル形保護制御装置毎に時系列的に整列する整列手段とを備えている。

【0080】上述した課題を解決するために、本発明の第5の態様に係る電力系統保護制御システムによれば、電力系統を保護制御するための複数のデジタル形保護制御装置と、前記複数のデジタル形保護制御装置

を互いにデータ送受信可能に接続する通信ネットワークとを備えた電力系統保護制御システムにおいて、前記各デジタル形保護制御装置は、精密時刻を取得する精密時刻取得手段と、保護制御対象となる設備機器の状態量を前記精密時刻取得手段により取得された精密時刻に応じて所定の周期毎にサンプリングし、サンプリングした状態量をデジタルデータにそれぞれ変換する変換手段と、この変換手段により変換されたデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加し、精密時刻付きのデジタルデータとして前記通信ネットワークへ送出するデジタルデータ送出手段と、前記通信ネットワークを介して他のデジタル形保護制御装置のデジタルデータ送出手段から順次送られてきた精密時刻付きデジタルデータを受信する受信手段と、この受信手段により受信された複数の精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて時系列的に整列する整列手段と、前記変換手段により変換されたデジタルデータおよび前記整列手段により時系列的に整列されたデジタルデータの内のどちらか一方に基づいて保護制御演算を行なう保護制御演算手段とをそれぞれ備えている。

【0081】上述した課題を解決するために、本発明の第6の態様に係る制御システムによれば、産業プラントや公共プラント等の制御対象プラントに係わる状態量に基づいて演算処理を行ない前記制御対象プラントの制御を行なう複数の分散配置された制御装置を通信ネットワークを介してデータ送受信可能に相互接続して構成された制御システムにおいて、前記各制御装置は、略一定周期の信号を取得する周期信号取得手段と、前記制御対象プラントに係わる状態量を前記周期信号取得手段により取得された周期信号に応じて他の保護制御装置と同一のタイミングで順次サンプリングしてデジタルデータを収集するデジタルデータ収集手段と、このデジタルデータ収集手段により収集されたデジタルデータに対して、前記周期信号に基づく前記サンプリング時の時刻を付加し、時刻付きのデジタルデータとして順次記憶する記憶手段とを備えている。

【0082】上述した課題を解決するために、本発明の第7の態様に係る電力系統保護制御システムによれば、電力系統から入力された保護制御対象に係わる状態量に基づいて演算処理を行ない前記電力系統の保護制御を行なう複数の保護制御装置を通信ネットワークを介してデータ送受信可能に相互接続して構成された電力系統保護制御システムにおいて、前記各保護制御装置は、略一定周期の信号を取得する周期信号取得手段と、前記電力系統に係わる状態量を前記周期信号取得手段により取得された周期信号に応じて他の保護制御装置と同一のタイミングで順次サンプリングしてデジタルデータを収集するデジタルデータ収集手段と、このデジタルデータ収集手段により収集されたデジタルデータに対し

て、前記周期信号に基づく前記サンプリング時の時刻を付加し、時刻付きのデジタルデータとして順次記憶する記憶手段とを備えている。

【0083】本発明の第7の態様に係る電力系統保護制御システムでは、前記周期信号取得手段は精密時刻を取得する精密時刻取得手段であり、前記サンプリング時の時刻は、当該サンプリング時の精密時刻である。

【0084】本発明の第7の態様に係る電力系統保護制御システムでは、前記通信ネットワークに接続され前記複数の保護制御装置の運用状態を遠隔から監視制御するための表示操作装置を備え、前記各保護制御装置は、前記デジタルデータに基づいて保護制御演算を行ない異常データが検出されるか否かを判断する保護制御演算手段と、この保護制御演算手段の保護制御演算の結果、異常データが検出された場合、その異常データ検出時刻を含む異常データ発生通知を前記表示操作装置に送信する異常データ検出通知送信手段とを備え、前記表示操作装置は、前記複数の保護制御装置における所定の保護制御装置から異常データ検出時刻を含む異常データ発生通知が送信された際に、前記異常データ検出時刻前後のデジタルデータを収集するためのプログラムモジュールを前記通信ネットワークを介して前記複数の保護制御装置へ所定の移動経路で送信するプログラムモジュール送信手段を備えており、前記各保護制御装置は、前記通信ネットワークを介して送信されてきたプログラムモジュールを受信して実行する手段と、実行されたプログラムモジュールに基づいて前記異常データ検出時刻前後の精密時刻付きのデジタルデータをそれぞれ前記表示操作装置に対して送信する手段とを備えており、前記表示操作装置は、前記各保護制御装置から送信されてきた前記異常データ検出時刻前後の精密時刻付きのデジタルデータに基づいて、前記異常データ検出に係わる事故点を標定する事故点標定手段を備えている。

【0085】特に、本発明の第7の態様に係る電力系統保護制御システムによれば、前記各保護制御装置は、前記表示操作装置から前記通信ネットワークを介して送信されてきた送電線定数測定用のプログラムモジュールに基づいて動作して自装置の記憶手段にデジタルデータと共に記憶された精密時刻における所定の精密時刻を読み出し、読み出した所定の精密時刻が付加された自装置のデジタルデータおよび他装置のデジタルデータを用いて送電線定数を測定する送電線定数測定手段と、測定された送電線定数を記憶する送電線定数記憶手段と、記憶された送電線定数に基づいて自装置の保護制御対象に係わる測距インピーダンスを算出する算出手段とを備えている。

【0086】上述した課題を解決するために、本発明の第8の態様に係る記憶媒体によれば、状態量入出力器や開閉機器を含む複数の設備機器を有する電力系統に対する保護制御を少なくとも前記状態量入出力器に設置さ

れた第1のコンピュータおよび前記開閉機器に設置された第2のコンピュータを含む複数のコンピュータを用いて行なうための保護制御プログラムを記憶した記憶媒体において、前記保護制御プログラムは、前記第1のコンピュータに精密時刻を取得させる手順と、前記第1のコンピュータに前記精密時刻に応じて前記状態量入出力器の状態量を所定の周期毎にサンプリングさせ、このサンプリングした状態量をデジタルデータに変換させる手順と、前記第1のコンピュータに前記デジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加させ、精密時刻付きのデジタルデータとして通信ネットワークへ送出させる手順と、前記第2のコンピュータに前記開閉機器における開閉機器の動作状態を前記通信ネットワークへ送出させる手順と、前記複数のコンピュータにおける少なくとも1つのコンピュータに前記通信ネットワークを介して送られてきた前記精密時刻付きデジタルデータおよび動作状態を受信処理させ、この受信処理した精密時刻付きデジタルデータおよび動作状態に基づいて演算処理を実行させる手順と、前記演算処理結果に応じて前記少なくとも1つのコンピュータに前記開閉機器に対する動作制御指令を前記通信ネットワークへ出力させる手順と、前記第2のコンピュータに前記通信ネットワークを介して出力されてきた動作制御指令を受信処理させる手順と、前記第2のコンピュータに前記受信処理した動作制御指令に基づいて前記開閉機器を動作制御させる手順とを含んでいる。

【0087】上述した課題を解決するために、本発明の第9の態様に係る記憶媒体によれば、電力系統から入力された状態量に基づいて複数のコンピュータを用いて演算処理を行ない前記電力系統の保護制御を行なうための保護制御プログラムを記憶した記憶媒体において、前記保護制御プログラムは、前記複数のコンピュータにおける第1のコンピュータに精密時刻を取得させる手順と、前記第1のコンピュータに前記電力系統の状態量を前記精密時刻に応じて所定の周期毎にサンプリングさせ、かつサンプリングした状態量をデジタルデータに変換させる手順と、前記第1のコンピュータに前記デジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加させ、精密時刻付きのデジタルデータとして通信ネットワークへ送出させる手順と、前記複数のコンピュータにおける第2のコンピュータに前記通信ネットワークを介して順次送られてきた前記精密時刻付きのデジタルデータを受信処理させる手順と、前記第2のコンピュータに受信処理した精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて時系列的に整列させる手順とを含んでいる。

【0088】上述した課題を解決するために、本発明の第10の態様に係る記憶媒体によれば、電力系統における複数の設備機器に対応して設置された保護制御用コンピュータを含む複数のコンピュータを用いて前記電力

系統の保護制御を行なうための保護制御プログラムを記憶した記憶媒体において、前記保護制御プログラムは、前記複数の設備機器に対応して設置された各保護制御用コンピュータに精密時刻を取得させる手順と、前記各保護制御用コンピュータに複数の設備機器における保護制御対象となる設備機器の状態量を前記精密時刻に応じて所定の周期毎にサンプリングさせ、サンプリングした状態量をデジタルデータにそれぞれ変換させる手順と、前記各保護制御用コンピュータに前記デジタルデータに基づいて前記保護制御対象となる設備機器に故障が発生したか否かを判定させ、その判定結果に応じて保護制御演算処理を実行させる手順と、前記保護制御演算処理手順における故障判定処理手順とは別個に、前記各保護制御用コンピュータに前記デジタルデータに基づいて前記保護制御対象となる設備機器および非保護制御対象となる設備機器に対して故障が発生したか否かを判定させる手順と、この判定結果において前記保護制御対象となる設備機器および非保護制御対象となる設備機器の内の少なくとも一方に故障が発生したと判定した際に、前記各保護制御用コンピュータに前記デジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加させ、精密時刻付きのデジタルデータとして記録させる手順と、前記各保護制御用コンピュータに前記記録した精密時刻付きデジタルデータを通信ネットワークへ送出させる手順と、前記複数のコンピュータにおける少なくとも1つのコンピュータに前記通信ネットワークを介してそれぞれ送られてきた複数の精密時刻付きデジタルデータを受信処理させる手順と、前記少なくとも1つのコンピュータに前記受信処理した複数の精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて時系列的に整列させる手順とを含んでいる。

【0089】上述した課題を解決するために、本発明の第11の態様に係る記憶媒体によれば、電力系統の複数の設備機器を複数の保護制御用コンピュータを用いて保護制御を行なうための保護制御プログラムを記憶した記憶媒体において、前記保護制御プログラムは、前記各保護制御用コンピュータに精密時刻を取得させる手順と、前記各保護制御用コンピュータに保護制御対象となる設備機器の状態量を前記精密時刻に応じて所定の周期毎にそれぞれサンプリングさせ、かつサンプリングした状態量をデジタルデータにそれぞれ変換させる手順と、前記各保護制御用コンピュータに前記変換したデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加させ、精密時刻付きのデジタルデータとして通信ネットワークへ送出させる手順と、前記通信ネットワークを介して他のデジタル形保護制御装置から順次送られてきた精密時刻付きデジタルデータを前記各保護制御用コンピュータに受信させる手順と、前記受信した複数の精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて前記各保護制御用コンピュータに時系列的に

整列させる手順と、前記変換したデジタルデータおよび前記時系列的に整列したデジタルデータの内のどちらか一方に基づいて前記各保護制御用コンピュータに保護制御演算を実行させる手順とを含んでいる。

【0090】上述した課題を解決するために、本発明の第12の態様に係る記憶媒体によれば、電力系統から入力された保護制御対象に係わる状態量に基づいて演算処理を行ない前記電力系統の保護制御を行なう複数の保護制御用コンピュータを通信ネットワークを介してデータ送受信可能に相互接続して構成されており、精密時刻を取得する精密時刻取得回路を有する電力系統保護制御システムにおける保護制御プログラムを記憶した記憶媒体であって、前記電力系統の状態量を前記精密時刻取得回路により取得された精密時刻に応じて前記各保護制御用コンピュータに他の保護制御用コンピュータと同一のタイミングで順次サンプリングさせてデジタルデータを収集させる手順と、収集したデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加し、精密時刻付きのデジタルデータとしてメモリに記憶させる手順とを備えている。

【0091】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係わる制御システムおよび電力系統保護制御システムの実施の形態を図面を用いて以下に説明する。

（第1の実施の形態）本発明の第1の実施の形態に係る電力系統保護制御システムを図1～図10に従って説明する。

【0092】本実施形態の保護制御対象となる電力系統の単線結線図を含む電力系統保護制御システムの機能ブロックを図1に示す。

【0093】図1に示す電力系統保護制御システム30によれば、保護制御対象となる電力系統31は、交流発電機32、32、この交流発電機32、32にそれぞれ接続される母線33、33、およびこの母線33、33から分岐される送電線34A、34Bを備えており、さらに、母線33および送電線34Bを流れる電流量（電流量、電圧量）を取り込んで（入力して）電流量データDi、Dvに変換するための電流量変換機器35（変流器、変圧器：35A、35B）および電力系統31の送電線34Bを開閉して電力系統31を保護制御するための開閉機器としての遮断器36を備えている。

【0094】本実施形態における上述した電力系統31を保護制御するための変電所Ts内に設置された電力系統保護制御システム30は、各設備機器に対してその設備機器に必要な機能を分離して組み込むことにより構成されている。

【0095】すなわち、電力系統保護制御システム30は、各設備機器（電流量変換機器35および遮断器36）にそれぞれ配設され各設備機器に必要な機能処理を実行するためのデジタル形保護制御部41および42

と、各デジタル形保護制御部41から送られた電気量データ D_i 、 D_v に基づいて保護制御演算処理を行ない、得られた結果およびデジタル形保護制御部42から送られた状態データ D_s に基づいて保護制御に係わる制御指令 C を表すデータ(制御指令データ C 、以下、単に制御指令 C ともいう)を遮断器36のデジタル形保護制御部42に出力するデジタル形保護制御装置43を備えている。

【0096】デジタル形保護制御部41を有する電気量変換機器(計器用変成器)35である変流器35Aおよび変圧器35Bと、デジタル形保護制御部42を有する遮断器36と、デジタル形保護制御装置43とは、変電所 T_s 内に配置されており、この変電所 T_s 内のデジタル形保護制御部41および42とデジタル形保護制御装置43とは、通信ネットワーク44を介してデータ送受信可能に相互接続されて電力系統保護制御システム40を構成している。

【0097】各電気量変換機器35A、35Bに配設されたデジタル形保護制御部41(以下、変流器35Aに配設されたデジタル形保護制御装置41について説明する)は、所定の精度(例えば略100ns(0.1 μ s)の高精度、数 μ s程度の精度、および1秒程度の精度)を有する時刻(以下、本明細書では、所定の精度を有する時刻を精密時刻と定義する)を検出・取得するための精密時刻検出手段として、上記略100ns(0.1 μ s)の高精度を有する時刻(以下、絶対時刻と呼ぶ)を検出するためのGPS(Global Positioning System)受信部50を備えている。

【0098】このGPS受信部50は、分子振動の振動周期が一定である原子時計が搭載された複数(例えば4個以上)の人工衛星 L (図面においては1つのみ示している)から送信された航法信号(航法データ、以下GPS信号と呼ぶ)をGPS受信アンテナ50aを介して受信して解読し、GPSアンテナ50aの3次元位置を求め、求められた3次元位置に基づいて時間のズレを補正することにより正確な絶対時刻 t (各時刻タイミングを表す一定周期の周期信号(絶対時刻に対応する精度を有する)および各時刻タイミングの時刻を表す時刻データ;例えば上記100nsの精度)を測定するようになっている。

【0099】なお、電力系統保護制御システムにおいては、上記精密時刻に必要な精度として、例えば1 μ s程度の精度から上記絶対時刻の精度である略100ns(0.1 μ s)の精度、あるいはそれ以上の精度が望ましい。

【0100】また、デジタル形保護制御装置41は、GPS受信部50により受信された絶対時刻 t に応じて電力系統31の送電線34Bから電気量(電流量)をサンプリングしてデジタル形の電気量データ(電気量データ D_i)に変換する電気量変換手段51と、この電気

量変換手段51によりサンプリングされた電気量データ D_i に対して、この電気量データ D_i がサンプリングされた際の絶対時刻 t を付加して絶対時刻付きの電気量データ $D_i(t)$ として通信ネットワーク44に送信する電気量データ送信手段52とを備えている。なお、符号53は、GPS受信部用の交流電源である。また、変圧器35Bに配設されたデジタル形保護制御部41は、入力する電気量が電圧量であり、電気量データ D_i が電気量データ D_v で表される点を除けば変流器35Aに配設されたデジタル形保護制御部41と同等の構成であるため、その説明を省略する。

【0101】また、遮断器36に配設されたデジタル形保護制御部42は、遮断器36(の遮断動作部36a)の現在の開閉状態を状態データ D_s として通信ネットワーク44に送信する機器状態送信手段55と、デジタル形保護制御装置43の後述する保護制御演算処理結果に基づいて出力された制御指令 C を受信する制御指令受信手段56と、この制御指令受信手段56により受信された制御指令 C に応じて遮断器36の遮断動作部36aの開閉動作を制御する開閉制御手段57とを備えている。

【0102】さらに、デジタル形保護制御装置43は、デジタル形保護制御部41の電気量データ送信手段52から送出され通信ネットワーク44を介して送信されてきた絶対時刻付きの電気量データ $D_i(t)$ 、 $D_v(t)$ およびデジタル形保護制御部42の機器状態送信手段55から送出され通信ネットワーク44を介して送信されてきた状態データ D_s をそれぞれ受信処理するデータ受信手段60と、このデータ受信手段60より受信された電気量データ $D_i(t)$ 、 $D_v(t)$ に基づいて保護制御演算処理を行ない、この保護制御演算結果および状態データ D_s に基づいて電力系統31に事故が発生したか否かを判定する保護制御演算手段61と、この保護制御演算手段61の保護制御演算結果、すなわち判定結果に基づいて通信ネットワーク44に対して遮断器36に対する制御指令 C を送信する制御指令送信手段62とを備えている。

【0103】図2は、本実施形態の電気量変換機器35のデジタル形保護制御部41の各機能ブロックの処理を具体的に実現するためのハードウェア構成を示す図である。なお、デジタル形保護制御部41のハードウェア構成において、前掲図60に示したデジタル形保護制御装置1のハードウェアの各構成要素と略同等の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略または簡略化する。

【0104】図2に示す電気量変換機器(変流器35A)は、変電所 T_s 内の他の装置(変圧器35B、遮断器36およびデジタル形保護制御装置43)に対して通信ネットワーク44を構成するトランシーバ65およびイーサネットLAN66を介してデータ送受信可能に

相互接続されている。

【0105】変流器35Aのデジタル形保護制御部41は、電力系統31の母線33を流れる電気量を入力してデジタル形の電気量データDiに変換するアナログデジタル変換部2（アナログフィルタ、サンプリングホールド回路、マルチプレクサおよびA/D変換器）と、デジタル演算処理部3と、I/O4と、アナログデジタル変換部2およびデジタル演算処理部3をデータ送受信可能に相互接続するバス5と、GPS受信アンテナ51aを介してGPS信号を受信し、受信したGPS信号をバス5を介してデジタル演算処理部3に入力するためのGPSインタフェース67と、イーサネットLAN66とデジタル演算処理部3との間のデータ入出力に関するインタフェース処理を行なうためにイーサネットLAN66のトランシーバ65とバス5に接続された通信インタフェース68とを備えている。

【0106】デジタル演算部3は、上述した絶対時刻付加処理や後述する整列処理を含む処理を実行するCPU70、電気量データやCPU70の処理時のデータを一時的に保存するためのRAM71、絶対時刻付加処理を含む処理の手順（プログラム）を保存するためのROM72、およびEEPROM13のハードウェアから構成されている。なお、変圧器35Bにおけるデジタル形保護制御部41のハードウェア構成は、変流器35Aにおけるデジタル形保護制御部41のハードウェア構成と同等であるため、その説明を省略する。

【0107】また、図1におけるGPS受信部50は、主にGPSインタフェース67、CPU70、RAM71およびROM72により具体化され、電気量変換手段51は、主にCPU70およびアナログデジタル変換部2により具体化される。また、電気量データ送受信手段52は、主にCPU70、RAM71、ROM72、通信インタフェース68、トランシーバ65およびイーサネットLAN66により具体化される。

【0108】図3は、本実施形態の遮断器36のデジタル形保護制御部42の各機能ブロックの処理を具体的に実現するためのハードウェア構成を示す図である。なお、デジタル形保護制御部42のハードウェア構成において、前掲図60に示したデジタル形保護制御装置1のハードウェアの各構成要素および図2に示したデジタル形保護制御部41のハードウェアの各構成要素と略同等の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略または簡略化する。

【0109】図3に示す遮断器36には、変電所Ts内の他の装置（変流器35A、変圧器35Bおよびデジタル形保護制御装置43）がデータ送受信可能にトランシーバ65およびイーサネットLAN66を介して相互接続されている。

【0110】遮断器36のデジタル形保護制御部42は、デジタル演算処理部3、バス5および通信インタ

フェース68に加えて、遮断器36の遮断動作部36aの開閉状態を表す状態データをデジタル演算処理部3へ入力し、かつデジタル演算処理部3から送られた制御指令Cを遮断動作部36aへ送るための入出力インタフェース（I/O）75を備えている。

【0111】デジタル演算部3は、上述した状態データDsの読込処理および送信処理や、制御指令Cの受信処理および送信処理を含む処理を実行するCPU76、状態データDs、制御指令Cを表すデータやCPU76の処理時のデータを一時的に保存するためのRAM77、状態データ読込処理、状態データ送信処理、制御指令受信処理および制御指令送信処理を含む処理の手順（プログラム）を保存するためのROM78、およびEEPROM13のハードウェアから構成されている。

【0112】なお、図1における機器状態送信手段55は、主に入出力インタフェース75、CPU76、RAM77、ROM78、通信インタフェース68、トランシーバ65およびイーサネットLAN66により具体化され、制御指令受信手段56は、主に通信インタフェース68、CPU76、RAM77およびROM78により具体化される。また、開閉制御手段57は、主にCPU76、RAM77、ROM78および入出力インタフェース75により具体化される。

【0113】図4は、本実施形態のデジタル形保護制御装置43の各機能ブロックの処理を具体的に実現するためのハードウェア構成を示す図である。なお、デジタル形保護制御装置43のハードウェア構成において、前掲図60に示したデジタル形保護制御装置1のハードウェアの各構成要素および図2に示したデジタル形保護制御部41のハードウェアの各構成要素と略同等の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略または簡略化する。

【0114】図4に示すデジタル形保護制御装置43は、その変電所Ts内の他の装置（変流器35A、変圧器35Bおよび遮断器36）に対してデータ送受信可能にトランシーバ65およびイーサネットLAN66を介して相互接続されている。

【0115】デジタル形保護制御装置43は、デジタル演算処理部3、バス5および通信インタフェース68を備えており、デジタル演算部3は、上述した電気量データDi(t)、Dv(t)および状態データDsの受信処理、保護制御演算処理および制御指令Cの送信処理を含む処理を実行するCPU80、電気量データDi(t)、Dv(t)、状態データDs、制御指令Cを表すデータやCPU80の処理時のデータを一時的に保存するためのRAM81、電気量データおよび状態データ受信処理、保護制御演算処理および制御指令送信処理を含む処理の手順（プログラム）を保存するためのROM82、およびEEPROM13のハードウェアから構成されている。

【0116】なお、図1におけるデータ受信手段60は、主に通信インタフェース68、CPU80、RAM81およびROM82により具体化され、保護制御演算手段61は、主にCPU80、RAM81およびROM82により具体化される。また、制御指令出力手段62は、主にCPU80、RAM81、ROM82、通信インタフェース68、トランシーバ65およびイーサネットLAN66により具体化される。

【0117】このように構成された電力系統保護制御システム30によれば、図5のフローチャートに示すように、変流器35Aおよび変圧器35Bのデジタル形保護制御部41の各CPU70は、人工衛星Lから送信されGPS受信アンテナ51aおよびGPSインタフェース67を介して入力されてきたGPS信号を順次受信処理して絶対時刻 t を求め、この絶対時刻 t に基づいて、各機器（変流器35A、変圧器35B）共通のデータ取得用サンプリング周期（例えば0.0000001秒）を設定することにより、各機器（変流器35A、変圧器35B）のデジタル形保護制御部間の同期をとる。

【0118】そして、各CPU70は、設定したサンプリング周期に基づいて各アナログデジタル変換部2を介して電力系統31の送電線34Bを流れるa相電流 I_a （例えば1.5A）および母線33のa相電圧 V_a （例えば63.5V）を順次サンプリングしてデジタル形の電気量データ D_i および D_v に変換し、この順次変換した電気量データ D_i および D_v をRAM71に順次格納する（ステップS1および図6参照）。

【0119】このとき、各デジタル形保護制御部41のCPU70は、同一の絶対時刻 t 毎に同期してサンプリングされてRAM71に格納された電気量データ D_i および D_v に対しそのサンプリング時の絶対時刻 t を付加して、例えば図7に概念的に示すようなパラメータ（「取得電気量変換機器名」、「電気量の相」、「電気量の瞬時値」、「絶対時刻」）を含むデータ構造を有する電気量データ $D_i(t)$ および $D_v(t)$ として通信インタフェース68およびトランシーバ65を介してイーサネットLAN66へ順次送信する（ステップS2）。

【0120】一方、遮断器36のデジタル形保護制御部42のCPU76は、入出力インタフェース75を介して遮断動作部36aの開閉状態（例えば現在は、通常状態であるため「閉」状態とする）を取り込み、「閉」状態を表す状態データ D_s として通信インタフェース68およびトランシーバ65を介してイーサネットLAN66へ送信する（ステップS3）。

【0121】デジタル形保護制御装置43のCPU80は、イーサネットLAN66を介して送信されてきた状態データ D_s をトランシーバ65および通信インタフェース68を介して受信処理してRAM81に格納するとともに、イーサネットLAN66を介して順次送信さ

れてきた電気量データ $D_i(t)$ 、 $D_v(t)$ をトランシーバ65および通信インタフェース68を介して受信処理し、RAM81における暫定的に割り当てた所定アドレス範囲に順次格納する。なお、絶対時刻 $t=1997$ 年7月11日14時35分44.9999997秒からサンプリング周期（0.0000001秒）毎に送られRAM81に格納された電気量データ $D_i(t)$ 、 $D_v(t)$ を図8に概念的に示す（ステップS4）。

【0122】このとき、デジタル形保護制御装置43のCPU80は、RAM81に順次格納された電気量データ群にサンプリング時刻 t が付加されているため、そのサンプリング時刻（絶対時刻） t に基づいて、例えば古い絶対時刻から最新の絶対時刻へ向けて電気量データ群を時系列的かつ保護制御装置別に整列（ソーティング）して再度RAM81における「表」として割り当てられたアドレスに格納することにより、電気量データ群が絶対時刻 t に応じて整列された表を作成する（ステップS5）。

【0123】今、同一の絶対時刻を有する変流器35A、変圧器35Bの電気量データ、つまり、同一の絶対時刻でサンプリングされた最新のサンプリングデータを（ t ）回目のサンプリングデータ $D_i(t)$ 、 $D_v(t)$ とし、以下、絶対時刻を基準として1回前（ $t-1$ ）回目のサンプリングデータ $D_i(t-1)$ 、 $D_v(t-1)$ 、（ $t-2$ ）回目のサンプリングデータ $D_i(t-2)$ 、 $D_v(t-2)$ 、 \dots 、（ $t-m+1$ ）回目のサンプリングデータ $D_i(t-m+1)$ 、 $D_v(t-m+1)$ 、（ $t-m$ ）回目のサンプリングデータ $D_i(t-m)$ 、 $D_v(t-m)$ のサンプリングデータとして、これらがあるアドレス領域にランダムに格納されているとすると、CPU80は、図9（整列処理を表すサブルーチン）に示すように、RAM81に順次格納された電気量データ群 $D_i(t)$ 、 $D_v(t) \sim D_i(t-m)$ 、 $D_v(t-m)$ の総データ数を取得し（ステップS5A1）、CPU80のカウンタ（レジスタ）を初期化（カウンタ値 $\rightarrow 0$ ）する（ステップS5A2）。次いでCPU80は、ステップS5A1で取得された総データ数が初期化されたカウンタ値（0）より大きいかな否かを（データ数 $>$ カウンタ値）判断し（ステップS5A3）、この判断の結果NO、すなわち、総データ数が初期化されたカウンタ値（0）と等しいか小さい場合、CPU80は、整列処理に係わるサブルーチン処理を終了してメイン処理へ戻る。

【0124】一方、ステップS5A3の判断の結果YES、すなわち、総データ数が初期化されたカウンタ値（0）より大きい場合、CPU80は、RAM81に格納された電気量データ群 $D_i(t)$ 、 $D_v(t) \sim D_i(t-m)$ 、 $D_v(t-m)$ における先頭アドレスからカウンタ値番目のアドレスに格納された電気量データ（現在は0番目、つまり先頭アドレスに格納された電気

量データ {例えば $Di(t-k; k < m)$ } を取り出してその絶対時刻をチェックし (ステップS5A4)、そのチェックした絶対時刻が既に表に登録されているかを判断する (ステップS5A5)。この判断の結果YES、すなわち電気量データ $Di(t-k)$ の絶対時刻 $(t-k)$ が既に登録されていれば、CPU80は、後述するステップS5A7の処理に移行する。

【0125】今回は、先頭アドレスに格納された最初の電気量データであり、まだ表には登録されていないため、CPU80は、この電気量データ $Di(t-k)$ の絶対時刻 $(t-k)$ は表には登録されていないと判断して (ステップS5A5の判断の結果はNO)、次ステップの処理へ移行する。

【0126】CPU80は、この電気量データ $Di(t-k)$ の絶対時刻 $(t-k)$ を既に表に登録されている電気量データ群の絶対時刻 $\{t, t-1, \dots, t-(k-1), t-(k+1), \dots, t-m\}$ と比較し、各絶対時刻に応じて、例えば最も古い絶対時刻から新しい絶対時刻へ絶対時刻を整列させて表に追加する。今回は、最初の電気量データであるため、絶対時刻 $(t-k)$ が表における最上位に登録される (ステップS5A6)。

【0127】続いて、CPU80は、電気量データ $Di(t-k)$ に含まれる装置名 (機器名、相) をチェックし (ステップS5A7)、既に表に登録されている装置名、相か否かを判断する (ステップS5A8)。この判断の結果YES、すなわち電気量データ $Di(t-k)$ の装置名 (変流器35A) が既に登録されていれば、CPU80は、後述するステップS5A10の処理に移行する。

【0128】今回は、先頭アドレスに格納された最初の電気量データであり、まだ表には登録されていないため、CPU80は、この電気量データ $Di(t-k)$ の装置名 (変流器35A) は表には登録されていないと判断して (ステップS5A8の判断の結果はNO) 次ステップの処理へ移行する。

【0129】CPU80は、電気量データ $Di(t-k)$ の装置名 (変流器35A) を表における絶対時刻 $(t-k)$ の欄に追加登録し (ステップS5A9)、次いで電気量データ $Di(t-k)$ の電気量 (瞬時値) を取り出して表における絶対時刻 $(t-k)$ の欄に装置名に対応させて登録する (ステップS5A10)。

【0130】そして、CPU80は、カウンタのカウンタ値を1インクリメント (カウンタ値←カウンタ値+1) して (ステップS5A11)、ステップS3の処理に戻って先頭アドレスからカウンタ値番目 (1番目) のアドレスに格納された電気量データ {例えば $Dv(t-$

$k)$ } に対して上述した処理を繰り返す。

【0131】この $Dv(t-k)$ に対するCPU80の上述したステップS5A3～S5A11の処理では、既に絶対時刻 $(t-k)$ は表に登録されてあるためステップS5A5の処理はYESとなりステップS5A6の処理がスキップされ、ステップS5A7～S5A10の処理により電気量データ $Dv(t-k)$ の装置名 (変圧器35B) および電気量が表における絶対時刻 $(t-k)$ の欄に追加登録される。

【0132】また、先頭アドレスから3番目以降の電気量データとして、表に登録された絶対時刻 $(t-k)$ と異なる絶対時刻 {例えば $(t-m) < (t-k)$ } を有する電気量データ $Di(t-m)$ が取り込まれた場合においては、ステップS5A5の処理はNOとなり、絶対時刻 $(t-m)$ と $(t-k)$ との間で整列処理 (ソーティング処理) が行なわれる。今、 $(t-m) < (t-k)$ であるため、整列処理の結果 $(t-m)$ が最上位に移動登録され、 $(t-k)$ はその $(t-m)$ の次位の欄に追加登録される。

【0133】一方、カウンタのカウンタ値が電気量データ群の総データ数と等しくなった場合においては、ステップS5A3の判断の結果はNOとなり、CPU80は、整列処理に係わるサブルーチン処理を終了してメインの処理に戻る。

【0134】このようにして、上述した電気量データ群 $Di(t)$ 、 $Dv(t) \sim Di(t-m)$ 、 $Dv(t-m)$ は、絶対時刻に応じて、図10に示すように、機器名毎に最も以前にサンプリングされた電気量データ $Di(t-m)$ 、 $Dv(t-m)$ の瞬時値～最新にサンプリングされた電気量データ $Di(t)$ 、 $Dv(t)$ の瞬時値がソートされた表としてRAM81に格納される。

【0135】続いてCPU80は、RAM81に表として格納された同一絶対時刻の電気量データ $Di(t)$ 、 $Dv(t) \sim Di(t-m)$ 、 $Dv(t-m)$ における瞬時値 $\{ia(t), va(t) \sim ia(t-m), va(t-m)\}$ を用いて保護制御演算処理を行ない、電力系統31に事故が発生したか否かを判定する。

【0136】例えば、 $m=4$ 、すなわち、現在のサンプルデータから4回前のサンプルデータまでソーティングされたとなると、CPU80は、周知の下式 (1) に基づく保護制御演算処理を行ない (ステップS6)、その演算結果に基づいて電力系統31に事故が発生したか否かを判断する (ステップS7)。

【0137】

【数1】

$$\begin{aligned} & (Z1+Z2) \{ia(t-1) \cdot va(t-3) - ia(t-1) \cdot va(t)\} \\ & - Z1Z2 \{ia^2(t-1) + ia^2(t-4)\} - \{va^2(t) \\ & + va^2(t-3)\} - k0 > 0 \end{aligned} \quad \dots (1)$$

★但し、Z1、Z2、k0は定数である。

【0138】すなわち、CPU80は、保護制御演算処理の結果である上記(1)式が成立するか否かを判断し、成立しない場合(ステップS7の判断の結果NO)には、処理を終了する。

【0139】一方、上記ステップS7の判断の結果YES、すなわち、電力系統31に内部事故が発生したと判断した場合には、CPU80は、RAM81に格納された状態データDsを参照してその内容(“閉”状態)に基づき、引き外し動作制御指令(遮断器“開動作”指令)Cを通信インタフェース68およびトランシーバ65を介してイーサネットLAN66に送信する(ステップS8)。

【0140】遮断器36のCPU76は、イーサネットLAN66を介して送信されてきた制御指令Cをトランシーバ65および通信インタフェース68を介して受信処理し、この受信された制御指令Cに基づいて遮断器36の遮断動作部36aを“閉”から“開”に動作制御して処理を終了する(ステップS9)。

【0141】この結果、遮断器36の遮断動作部36aが“開”になり引き外し動作が行なわれ、電力系統31の事故発生部分が切り離され電力系統31が保護される。

【0142】以上述べたように、本実施形態の電力系統保護制御システムによれば、システム全体の電力系統保護制御機能から電力系統31を構成する各設備機器(電気量変換機器、遮断器)に係わる制御機能を分離し、その各機能を実行するデジタル形保護制御部41、42を各設備機器(電気量変換機器、遮断器)にそれぞれ組み込んで保護制御演算等の電力系統31全体の制御機能を1つのデジタル形保護制御装置で一括して実行するように構成したため、同一設備機器間に組み込まれたデジタル形保護制御部においては、そのハードウェア構成を共通化することができる。

【0143】すなわち、電気量変換機器35に組み込まれたデジタル形保護制御部41のハードウェア構成においては、アナログ形の電気量を入力する部分を共通化することができ、また、遮断器36に組み込まれたデジタル形保護制御部42のハードウェア構成においては、遮断器36に対して動作制御指令を出力する部分を共通化することができる。

【0144】したがって、電力系統保護制御システム全体のハードウェアに係わるコストを低減して経済性を向上させることができる。

【0145】また、ハードウェア構成が共通化されたデジタル形保護制御部においては、その各デジタル形保護制御部に実装された制御処理用ソフトウェア(プログラム)も共通化することができる。したがって、各デジタル形保護制御部の製造コストを低減して系統保護システム全体の経済性を向上させることができる。さら

に、各ハードウェアのデジタル形保護制御部に組み込まれた制御処理用ソフトウェアに対する試験、運用および管理は、共通化された設備機器のデジタル形保護制御部毎に一括して行なうことが可能になり、制御処理用ソフトウェアの試験、運用および管理コストを低減させるとともに、制御処理用ソフトウェアの信頼性を向上させることができる。

【0146】さらに、本実施形態の電力系統保護制御システムによれば、電気量データにサンプリング時の絶対時刻tが付加されているため、同一時刻でサンプリングされた電気量データを用いて上記(1)式を用いた保護制御演算処理を行なって事故判定処理を行なうことができ、信頼性の高い保護制御システムを提供することができる。

(第2の実施の形態) 本発明の第2の実施の形態に係わる電力系統保護制御システムを図11～図12に従って説明する。

【0147】本実施形態の保護制御対象となる電力系統の単線結線図を含む電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を図11に示す。なお、図11においては、簡単化のため、電力系統31の一部(送電線34B、変流器35Aおよび遮断器36)のみを示している。

【0148】また、各設備機器(変流器35Aおよび遮断器36)に組み込まれた電力系統保護制御システムを構成するデジタル形保護制御部41およびデジタル形保護制御部42のハードウェア構成およびデジタル形保護制御装置43の機能ブロック構成およびハードウェア構成は、前掲図1および図2～図4と同等であるため、その説明は省略する。

【0149】図11に示す電力系統保護制御システム90によれば、変流器35Aに配設されたデジタル形保護制御部41は、前掲図2に示したハードウェア構成におけるアナログデジタル変換部2の動作(マルチプレクサ(MPX)のチャンネル切換機能およびA/D変換精度)のチェック、RAM71のデータメモリの読み出し、書き込み機能のチェックおよびROM72のプログラムメモリのデータチェック等、デジタル形保護制御部41を構成する各ハードウェア構成要素に故障が発生していないかをCPU70の処理により自ら診断する自己診断手段91と、この自己診断手段91の自己診断の結果、あるハードウェア要素に故障が発生していると判断した場合に故障状態を表す結果を自己診断結果データDdとして通信ネットワーク44へ送信する自己診断結果送信手段92とを備えている。なお、この自己診断結果送信手段92は、主にCPU70、通信インタフェース68トランシーバ65およびイーサネットLAN66の処理により具体化される。

【0150】図12に自己診断手段91の診断項目、診断内容および診断方法の一部を示す。この自己診断は、従来のデジタル形リレー(デジタル形保護制御装

置)でも行なわれているため、以下にその一例のみを示し、詳細な説明は省略する。

【0151】例えばRAM71の自己診断を実行する際には、CPU70は、RAM71の各アドレスに所定値を有するデータR1を書き込み、このアドレスに格納されたデータR2を読み出して、 $R1=R2$ が全てのアドレスにおいて成立しているか否かをチェックし、少なくとも1つのアドレスにおいて上記 $R1=R2$ が成立しなかった場合には、RAM71に故障が発生していると判断するようになっている。なお、変流器35Aに配設されたデジタル形保護制御部41のその他の機能ブロック構成は、図1に示したデジタル形保護制御部41の機能ブロック構成と同等であるため、その説明を省略する。

【0152】さらに、遮断器36に配設されたデジタル形保護制御部42は、自己診断結果送信手段92から通信ネットワーク44を介して送られた自己診断結果データを受信して、論理値“1”のデジタルデータを送信する自己診断結果受信手段93と、この自己診断結果受信手段93から送信された論理値“1”のデジタルデータを反転(NOT)して論理値“0”のデジタルデータを出力するNOT論理手段94と、開閉制御手段57から送信された制御指令データCとNOT論理手段94から送られたデジタルデータとの間の論理積(AND)を実行し、この実行結果を遮断器36の遮断動作部36aに出力するAND論理手段95とを備えている。なお、遮断器36に配設されたデジタル形保護制御部42のその他の機能ブロック構成は、図1に示したデジタル形保護制御部42の機能ブロック構成と同等であるため、その説明を省略する。

【0153】すなわち、本構成によれば、電気量変換機器35(変流器35A)のデジタル形保護制御部41のCPU70は、前掲図5のステップS2に示した絶対時刻付加処理と同時並列的に、上述したデジタル形保護制御部41のハードウェアの各構成要素(デジタルアナログ変換部2、RAM71およびROM72等)に対する故障の発生の有無を自己診断(自己点検)処理によりそれぞれチェックする(図13;ステップS10)。

【0154】このステップS10の自己診断の結果、デジタル形保護制御部41の何れのハードウェア構成要素にも故障が発生していないと判断した場合には(ステップS11の判断の結果NO)、CPU70は、所定の周期でステップS10の自己診断処理を繰り返す。

【0155】一方、ステップS10の自己診断の結果、デジタル形保護制御部41の各ハードウェア構成要素の内の少なくとも1つ(例えばアナログデジタル変換部2)に故障が発生したと判断した場合には(ステップS11の判断の結果YES)、デジタル形保護制御部41のCPU70は、該デジタル形保護制御部41の

アナログデジタル変換部2の故障を表す結果を、自己診断結果データDdとして通信インタフェース68およびトランシーバ65を介してイーサネットLAN66へ送信する(ステップS12)。

【0156】このとき、遮断器36のデジタル形保護制御部42のCPU76は、イーサネットLAN65を介して送信されてきた自己診断結果データDdをRAM77を介して受信処理し、その受信処理に応じて論理値“1”のデジタルデータを生成し、さらに論理値“1”のデジタルデータを反転して論理値“0”のデジタルデータを生成してRAM77に格納する(ステップS13)。

【0157】続いてCPU76は、前掲図5のステップS9の代わりに、デジタル形保護制御装置43からイーサネットLAN66を介して送信されてきた制御指令データCをトランシーバ65および通信インタフェース68を介して受信処理してRAM77に格納し、RAM77に格納された論理値“0”のデジタルデータと制御指令データCとの間で論理積演算(AND)を実行する(ステップS14)。

【0158】この論理積演算の結果は、制御指令データCの値に拘らず常に論理値“0”になるため、CPU76から遮断器36の遮断動作部36aに対して遮断動作指令は送られず、遮断器36の動作制御をロックして処理を終了する(ステップS15)。

【0159】すなわち、本実施形態によれば、変流器等の電気量変換機器35のハードウェア構成の少なくとも一部が故障した結果デジタル形保護制御部41およびデジタル形保護制御装置43を介して遮断器36のデジタル形保護制御部42に対して仮に不要な(誤った)動作制御指令Cが送信されても、その故障を自己診断処理により検出し、その検出結果に応じて上記動作制御送信指令Cを遮断器36の遮断動作部36aに送信せずに遮断器36の動作制御をロックすることができる。この結果、第1実施形態の効果に加えて、電気量変換機器35のハードウェア故障に起因した遮断器36に対する不要な動作制御を防止して電力系統保護制御システムの信頼性を向上させることができる。

【0160】なお、本構成においては、NOT論理手段94およびAND論理手段95をCPUの演算処理により実現したが、本発明はこれに限定されるものではなく、ハードワイヤードロジック回路により実現してもよい。

(第3の実施の形態)本実施形態の保護制御対象となる電力系統の単線結線図を含む電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を図14に示す。

【0161】図14に示す電力系統保護制御システム100においては、電力系統101として、母線102、102から分岐して2つの電気所(変電所)Ts1およびTs2を結ぶ送電線103Aおよびこの送電線103

Aの中間点から分岐して電気所Ts3に接続される送電線103Bが示されており、これら各変電所Ts1～Ts2および変電所Ts3は、送電線103Aおよび103Bを流れる電気量（例えば電流量）を取り込んで（入力して）電気量データに変換するための電気量変換機器35（例えば変流器）と、送電線103Aおよび103Bを開閉して電力系統101を保護制御するための遮断器36とをそれぞれ備えている。

【0162】本実施形態における上述した電力系統101を保護制御するための電力系統保護制御システム100は、各変電所Ts1～Ts3の各設備機器に対してその設備機器に必要な機能を分離して組み込むことにより構成されている。

【0163】すなわち、電力系統保護制御システム100の各変電所Ts1～Ts3は、各設備機器（電気量変換機器（変流器）35および遮断器36）にそれぞれ配設され各電気量変換機器35および遮断器36に必要な機能処理を実行するためのデジタル形保護制御部41および42をそれぞれ備えている。

【0164】また、電力系統保護制御システム100は、各変電所Ts1～Ts3の各デジタル形保護制御部41から送られた電気量データに基づいて保護制御演算処理を行ない、得られた結果および各変電所Ts1～Ts3の各デジタル形保護制御部42から送られた状態データに基づいて保護制御に係わる制御指令を各変電所Ts1～Ts3のデジタル形保護制御部42にそれぞれ出力するデジタル形保護制御装置43Aを有する変電所Ts4を備えている。

【0165】各変電所Ts1～Ts4は、広い範囲に亘って離間かつ分散して配置されており、これら各変電所Ts1～Ts4は、通信ネットワーク44Aを介してデータ送受信可能に互いに相互接続されている。

【0166】各変電所Ts1～Ts3のデジタル形保護制御部41およびデジタル形保護制御部42の機能ブロック構成は、第1実施形態の図1に示した機能ブロック構成と略同等であるため、その説明を省略する。また、変電所Ts4のデジタル形保護制御装置43Aの機能ブロック構成については、保護制御演算手段の演算処理内容が異なるものの、それ以外は第1実施形態の図1に示した機能ブロック構成と略同等であるため、その説明を省略する。

【0167】図15は、変電所Ts1～Ts3の電気量変換機器35のハードウェア構成を示す図である。なお、図15では、代表して変電所Ts1の電気量変換機器35のみを示すが、他の変電所Ts2～Ts3の電気量変換機器35についても同様の構成である。

【0168】図15によれば、電気量変換機器35は、トランスバ65を介して変電所Ts1内に構築されたイーサネットLAN66に接続されており、このイーサネットLAN66を経由して変電所Ts1内の他の装置

（例えば遮断器36）に対してデータ送受信可能に相互接続されている。

【0169】また、変電所Ts1内のローカルな範囲を接続するイーサネットLAN66は、トランスバ65およびルータ105を介して通信ネットワーク44Aを構成する電話回線等の回線交換網（広域ネットワーク）106に接続されており、この広域ネットワーク106には、変電所Ts2、Ts3のイーサネットLAN66がトランスバ65およびルータ105を介して接続されている。なお、図15に示した電気量変換機器35のデジタル形保護制御部41を含むハードウェア構成は、図2に示したデジタル形保護制御部41のハードウェアの各構成要素と略同等であるため、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0170】同様に、図16は、変電所Ts1～Ts3の遮断器36のハードウェア構成（図16では、代表して変電所Ts1の遮断器36を示す）を示す図である。なお、図16では、代表して変電所Ts1の遮断器36のみを示すが、他の変電所Ts2～Ts3の遮断器36についても同様の構成である。

【0171】図16によれば、遮断器36は、トランスバ65を介してイーサネットLAN66に接続されており、このイーサネットLAN66を経由して変電所Ts1内の他の装置（例えば電気量変換機器35）に対してデータ送受信可能に相互接続されている。なお、図16に示した遮断器36のデジタル形保護制御部42を含むハードウェア構成は、図2に示したデジタル形保護制御部42のハードウェアの各構成要素と略同等であるため、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0172】また、図17は、変電所Ts4のデジタル形保護制御装置43のハードウェア構成を示す図である。

【0173】図17によれば、デジタル形保護制御装置43は、変電所Ts4内の他の装置に対してトランスバ65およびイーサネットLAN66を介してデータ送受信可能に相互接続されている。

【0174】また、変電所Ts4内のローカルな範囲を接続するイーサネットLAN66は、トランスバ65およびルータ105を介して広域ネットワーク106に接続されている。なお、図17に示したデジタル形保護制御装置43Aのハードウェア構成は、図4に示したデジタル形保護制御装置43のハードウェアの各構成要素と略同等であるため、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0175】このように構成された電力系統保護制御システム100によれば、各変電所Ts1～Ts3の電気量変換機器（変流器）35の各アナログデジタル変換部2による前掲図5のステップS1と同様の処理に応じて、電力系統101の送電線103A、103Bを流れる電流*i*は、絶対時刻*t*の受信周期毎に順次サンプリン

グされてデジタル形の電流データ $i1 \sim i3$ に変換され、RAM71に順次格納される。

【0176】そして、電気量データ $i1 \sim i3$ は、各デジタル形保護制御部41のCPU70による前掲図5のステップS2と同様の処理に基づいて、サンプリング時の絶対時刻 t が付加された電気量データ $i1(t) \sim i3(t)$ として通信インタフェース68、トランスバ65、イーサネットLAN66、ルータ105を介して広域ネットワーク106へ順次送信される。なお、通信インタフェース68、トランスバ65、イーサネットLAN66およびルータ105をまとめて広域ネットワーク用インタフェースとする。

【0177】一方、各変電所 $Ts1 \sim Ts3$ の遮断器36の遮断動作部36aの開閉状態（“閉”状態）は、各デジタル形保護制御部42のCPU76による前掲ステップS3と同様の処理に基づいて取り込まれ、状態データ $Ds1 \sim Ds3$ として広域ネットワーク用インタフェースを介して広域ネットワーク106へそれぞれ送信される。

【0178】広域ネットワーク106を介して送信されてきた電気量データ $i1(t) \sim i3(t)$ および状態データ $Ds1 \sim Ds3$ は、変電所 $Ts4$ のデジタル形保護制御装置43AのCPU80Aの前掲図5のステップS4の処理により、広域ネットワーク用インタフェースを介して受信処理されてRAM81に格納される。そして、デジタル形保護制御装置43AのCPU80Aの前掲図5のステップS5の処理により、RAM81に順次格納された電気量データ群は、付加されたサンプリング時刻 t に基づいて、例えば古い絶対時刻から最新の

絶対時刻へ向けて時系列的に整列した表として再度RAM81に格納される。

【0179】すなわち、各変電所 $Ts1 \sim Ts3$ から送信された最も新しい同一の絶対時刻を有する電気量データ、すなわち、同一の絶対時刻でサンプリングされた最新のサンプリングデータを (t) 回目のサンプリングデータ $i1(t) \sim i3(t)$ とし、以下、絶対時刻を基準として1回前 $(t-1)$ 回目のサンプリングデータ $i1(t-1) \sim i3(t-1)$ 、 $(t-2)$ 回目のサンプリングデータ $i1(t-2) \sim i3(t-2)$ 、 \dots 、 $(t-m)$ 回目のサンプリングデータ $i1(t-m) \sim i3(t-m)$ のサンプリングデータとすると、これらデータ群は絶対時刻に応じて、最も以前にサンプリングされたデータ $i1(t-m) \sim i3(t-m)$ から最新にサンプリングされたデータ $i1(t) \sim i3(t)$ までソートされた表としてRAM81に格納される。

【0180】そして、デジタル形保護制御装置43AのCPU80Aによる上述した電流量データ群を用いた保護制御演算処理が実行され、電力系統101に事故が発生したか否かが判定される。

【0181】例えば、 $m=5$ 、すなわち、5回前のサンプリングデータから現在のサンプリングデータまで整列されたとすると、CPU80Aは、下式(2)～(4)に基づく演算処理を実行して $|i1t|$ 、 $|i2t|$ および $|i3t|$ を求める。

【0182】

【数2】

$$|i1t| = k \sum_{n=0}^5 |i1(t-m)| \quad \dots (2)$$

★●

【0183】

$$|i2t| = k \sum_{n=0}^5 |i2(t-m)| \quad \dots (3)$$

★●

【0184】

$$|i3t| = k \sum_{n=0}^5 |i3(t-m)| \quad \dots (4)$$

★但し、 k は定数である。

【0185】同時に、CPU80Aは、下式(5)に基づく演算処理を実行して $|idt|$ を求める。

$$|idt| = k \sum_{n=0}^5 |i1(t-m) + i2(t-m) + i3(t-m)| \quad \dots (5)$$

★●そして、CPU80Aは、求めた $|i1t| \sim |i3t|$ および $|idt|$ を用いて下式(6)に基づく演

算処理を実行して、その演算結果に基づいて電力系統101に事故が発生したか否かを判断する。

【0187】

$$|i_d t| \geq k_1 (|i_1 t| + |i_2 t| + |i_3 t|) + k_0 \quad \dots (6)$$

★但し、 k_1 および k_0 は定数である。

【0188】この結果、CPU80Aにより保護制御演算処理の結果である上記(6)式が成立するか否かが判断され、成立した場合にのみ電力系統101に内部事故が発生したと判断される。そして、CPU80Aの前掲図5のステップS8と同様の処理により、RAM81に格納された状態データDs1～Ds3の内容に基づく引き外し動作制御指令C1～C3が広域ネットワーク用インタフェースを介して広域ネットワーク106に送信される。

【0189】広域ネットワーク106に送信された引き外し動作指令C1～C3は、各変電所Ts1～Ts3の遮断器36におけるCPU76の前掲図5のステップS9と同様の処理により広域ネットワーク用インタフェースを介して受信処理され、この受信された制御指令C1～C3に基づいて、各変電所Ts1～Ts3の遮断器36の遮断動作部36aは、“閉”から“開”に動作制御される。

【0190】この結果、各変電所Ts1～Ts3の遮断器36の遮断動作部36aが“開”になり引き外し動作が行なわれ、電力系統101の事故発生部分が切り離され電力系統101が保護される。

【0191】以上述べたように、本実施形態の電力系統保護制御システムによれば、離間かつ分散して配置され広域ネットワーク106を介して接続された各変電所Ts1～Ts4において、各設備機器(電気量変換機器、遮断器)に係わる制御機能が組み込まれた変電所Ts1～Ts3から電気量を同一の絶対時刻 t でサンプリングしてサンプリング時の絶対時刻 t を付加した電気量データ $i_1(t) \sim i_3(t)$ を取得し、この電気量データ $i_1(t) \sim i_3(t)$ を通信ネットワーク106を介して変電所Ts4のデジタル形保護制御装置43Aに送信することができる。

【0192】したがって、例えば、各変電所Ts1～Ts3における例えば変電所Ts1の変電所Ts4に対する距離が異なっている(例えばTs1がTs2、Ts3に比して遠方にある)場合において、仮に電気量データにサンプリング時の絶対時刻 t が付加されていなければ、各変電所Ts1～Ts3で同一絶対時刻 t でサンプリングされた電気量データ $i_1(t) \sim i_3(t)$ が変電所Ts4のデジタル形保護制御装置43Aへ送信されても、伝送遅延により変電所Ts1の電気量データ $i_1(t)$ が他の変電所Ts2およびTs3の電気量データ $i_2(t)$ および $i_3(t)$ に比べて遅延してデジタル形保護制御装置43Aに受信処理されるため、この電気量データ $i_1(t)$ が上記電気量データ $i_2(t)$ および $i_3(t)$ と同一のサンプリング時刻でサンプリングされたか否か判断できず、同一のサンプリングデー

【数6】

タに基づく上記(2)～(6)式を用いた事故判定演算処理を行なうことができない恐れが生じていた。

【0193】しかしながら、本実施形態の構成によれば、電気量データにサンプリング時の絶対時刻 t が付加されているため、たとえ伝送遅延により変電所Ts1の電気量データ $i_1(t)$ が他の電気量データ $i_2(t)$ および $i_3(t)$ に比べて遅延してデジタル形保護制御装置43Aに受信処理されても、サンプリング時刻 t に基づくソーティング(整列)処理により電気量データ $i_1(t)$ が他の電気量データ $i_2(t)$ および $i_3(t)$ と同一時刻でサンプリングされたことが容易に識別でき、上記(2)～(6)式を用いた事故判定演算処理を行なうことができる。

【0194】したがって、立地上の制約等により各変電所Ts1～Ts3から変電所Ts4に対し送信される電気量データ $i_1(t) \sim i_3(t)$ 間で伝送遅延が生じても、上記(2)～(6)式を用いた事故判定演算処理を行なうことができるため、電力系統保護制御システムの信頼性を向上させることができる。

【0195】なお、本実施形態では、変電所Ts1～Ts3における電気量入力用の設備機器(電気量変換機器)を変流器としたが、変圧器であってもよい。また、図1に示したように、各変電所Ts1～Ts3は、変流器および変圧器の両方から電気量(電流、電圧)を取り込むようにしてもよい。

【0196】さらに、第1～第3実施形態においては、開閉器として遮断器を用いたが、本発明はこれに限定されるものではなく、開閉動作制御により電力系統において発生した事故部位を切り離し、かつ復帰させることができるのであれば、断路器等の各種開閉機器を用いることが可能である。

【0197】そして、第1～第3実施形態においては、1つ、あるいは2つの電気量変換機器および開閉機器に対してその設備機器に必要な機能を分離して組み込むことにより電力系統保護制御システムを構成したが、本発明は設備機器の数や種類に限定されるものではなく、電気量変換機器や開閉機器以外の他の設備機器を含む多数の設備機器を備えた電力系統保護制御システムに対しても、各設備機器に対してその設備機器に必要な機能を分離して組み込むことにより本発明を適用可能である。

【0198】さらにまた、第1～第3実施形態においては、電力系統を構成する電気量変換機器(変流器)や開閉器に設置されたデジタル形保護制御装置から送信された状態データや動作状態を入力して保護制御演算を行ない、動作制御指令を出力するデジタル形保護制御装置を前記電気量変換機器や開閉器とは別個に設けたが、本発明はこれに限定されるものではなく、電力系統を構成する電気量変換機器(変流器)や開閉器にさらに上記

保護制御演算用デジタル形保護制御装置を設置することも可能である。

(第4の実施の形態) 本発明の第4の実施の形態に係わる電力系統保護制御システムを図18～図21に従って説明する。

【0199】図18は、本実施形態における電力系統保護制御システムの機能ブロックを示す図である。

【0200】図18によれば、電力系統保護制御システム110は、保護制御対象となる電力系統31の設備機器(以下では、説明の簡単化のため、2つの設備機器

(設備機器E1、E2)とする)毎に配設され、各設備機器E1、E2の電流や電圧等のアナログ状態量(電気量)S1、S2をそれぞれ取り込み、その電気量S1、S2に基づいて保護制御演算処理を行なって電力系統31の各設備機器E1、E2に対して遮断器等の保護制御機器への引外し指令(トリップ指令)や投入指令等の保護制御動作指令C1、C2をそれぞれ出力する複数のデジタル形保護制御装置111A、111Bと、これら各デジタル形保護制御装置111A、111Bが取得した電気量S1、S2を表示する表示装置112とを備えている。デジタル形保護制御装置111A、111Bと表示装置112とは、通信ネットワーク113を介してデータ送受信可能に相互接続されて上記電力系統保護制御システム110を構成している。

【0201】デジタル形保護制御装置111A、111Bは、第1～第3実施形態と同様に、原子時計が搭載された人工衛星Lから送信されたGPS信号をGPS受信アンテナ115aを介して受信して解読し、正確な絶対時刻 t (例えば100nsの精度)を認識するGPS受信手段115と、このGPS受信手段115により受信された絶対時刻 t に応じて電力系統31の各設備機器E1、E2の電気量S1、S2を取得(サンプリング)してデジタル形の電気量データ(電気量データD1、D2)に変換して出力するデータ取得手段116と、このデータ取得手段116から出力された電気量データD1、D2に対して、この電気量データD1、D2がサンプリングされた際の絶対時刻 t を付加して絶対時刻付きの電気量データD1(t)、D2(t)として通信ネットワーク113に送出する送出手段117と、データ取得手段116から出力された電気量データD1、D2に基づいて保護制御演算処理を行ない、得られた処理結果を保護制御動作指令C1、C2として電力系統31の各設備機器E1、E2に対する遮断器等の保護制御機器へそれぞれ出力する保護制御演算手段118とをそれぞれ備えている。なお、GPS受信手段用の交流電源については、図示を省略している。

【0202】表示装置112は、デジタル形保護制御装置111A、111Bからそれぞれ送出され通信ネットワーク113を介して送信されてきた絶対時刻付きの電気量データD1(t)、D2(t)をそれぞれ受信処

理する受信手段120と、この受信手段120より受信された電気量データD1(t)、D2(t)を付加された絶対時刻に基づいて時系列的に整列(ソーティング)する整列手段121と、この整列手段121による整列結果を保存する保存手段122と、この保存手段122により保存された整列結果を表示する表示手段123とを備えている。図19は、本実施形態のデジタル形保護制御装置111Aおよび表示装置112の各機能ブロックの処理を具体的に実現するためのハードウェア構成を示す図である。なお、表示装置112は、例えばパーソナルコンピュータで実現される。また、デジタル形保護制御装置111Aのハードウェア構成において、前掲図60に示したデジタル形保護制御装置1のハードウェアの各構成要素と略同等の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略または簡略化する。

【0203】図19に示すデジタル形保護制御装置111Aは、電力系統保護制御システム110の他の装置(デジタル形保護制御装置111B、表示装置112)に対して通信ネットワーク113を構成するトランシーバ125およびイーサネットLAN126を介してデータ送受信可能に相互接続されている。

【0204】デジタル形保護制御装置111Aは、電力系統31におけるデジタル形保護制御装置111Aの保護制御対象となる設備機器E1から電気量S1を取り込んでデジタル形の電気量データD1に変換するアナログデジタル変換部2(アナログフィルタ、サンプリングホールド回路、マルチプレクサおよびA/D変換器)2と、デジタル演算処理部3と、入出力インタフェース(I/O)4と、バス5と、LED表示器14と、GPS受信アンテナ115aを介して取り込んだGPS信号をバス5を介してデジタル演算処理部3に入力するためのインタフェース(GPSインタフェース)127と、イーサネットLAN126とデジタル演算処理部3との間のデータ入出力に関するインタフェース処理を行なうためにイーサネットLAN126のトランシーバ125とバス5に接続された通信インタフェース128とを備えている。

【0205】デジタル演算部3は、上述した絶対時刻付加処理や保護制御演算処理を含む処理を実行し、その処理結果に応じて保護制御動作指令C1を入出力インタフェース4に送るCPU130、電気量データやCPU130の処理時のデータを一時的に保存するためのRAM131、絶対時刻付加処理を含む処理の手順(プログラム)を保存するためのROM132、および整定値を記憶するEEPROM13のハードウェアから構成されている。なお、デジタル形保護制御装置111Bのハードウェア構成は、取得する電気量がS2、変換する電気量データがD2で表される以外は、デジタル形保護制御装置111Aのハードウェア構成と同等であるため、その説明を省略する。

【0206】表示装置112は、イーサネットLAN126にトランシーバ125を介して接続されており、デジタル形保護制御装置111A、111Bから送られた電気量データを表示装置112に入力するためのインタフェース処理を行なう入出力インタフェース135と、処理プログラムや処理データ保存用のメモリ136と、入出力インタフェース135を介して入力された電気量データを受信処理し、メモリ136に予め記憶されたプログラムに従って上述した絶対時刻に基づくb時系列的な整列処理をメモリ136を利用して行なうCPU137と、このCPU137の整列処理結果を表示するモニタ138とを備えている。

【0207】なお、図18におけるデータ取得手段116は、主にアナログデジタル変換部2およびCPU130の処理により具体化され、GPS受信手段115は、主にGPSインタフェース127、CPU130、RAM131およびROM132により具体化される。また、送出手段117は、主にCPU130、RAM131、ROM132、通信インタフェース128、トランシーバ125およびイーサネットLAN126により具体化される。

【0208】さらに、図18における受信手段120は、主に表示装置112の入出力インタフェース135およびCPU137により具体化され、整列手段121および保存手段122は、主にCPU137およびメモリ136によりそれぞれ具体化される。また、表示手段123は、主にCPU137およびモニタ138により具体化される。

【0209】このように構成された電力系統保護制御システム110によれば、第1～第3実施形態と同様に、デジタル形保護制御装置111Aおよび111Bの各CPU130は、人工衛星Lから送信されGPS受信アンテナ115aおよびGPSインタフェース127を介して入力されてきたGPS信号を順次受信処理して絶対時刻tを求め、この絶対時刻tに基づいて全ての装置(111Aおよび111B)で共通のデータ取得用サンプリング周期(例えば0.0016666…秒)を設定することにより装置111Aおよび111B間のデータ取得タイミングの同期をとる。

【0210】そして、各CPU130は、設定したサンプリング周期に基づいて各アナログデジタル変換部2を介して電力系統31の各設備機器E1、E2の電気量S1、S2(例えば各相電圧Va、Vb、Vc)を順次サンプリングしてデジタル形の電気量データDva1～Dvc1、Dva2～Dvc2に変換し、この順次変換した電気量データDva1～Dvc1、Dva2～Dvc2をRAM131に順次格納する。

【0211】このとき、各デジタル形保護制御装置111A、111BのCPU130は、同一の絶対時刻t毎にサンプリングされてRAM71に格納された電気量

データDva1～Dvc1、Dva2～Dvc2に対しそのサンプリング時の絶対時刻tを付加して、例えば図20に概念的に示すようなパラメータ{「装置名」、「電気量の相」、「電気量(瞬時値)」、「絶対時刻(時刻)」}を含むデータ構造を有する電気量データDva1(t)～Dvc1(t)、Dva2(t)～Dvc2(t)として通信インタフェース128およびトランシーバ125を介してイーサネットLAN126へ順次送信する。

【0212】表示装置112のCPU137は、イーサネットLAN126を介して送信されてきた電気量データDva1(t)～Dvc1(t)、Dva2(t)～Dvc2(t)を入出力インタフェース135を介して受信処理してメモリ136における暫定的に割り当てた所定アドレス範囲に順次格納する。なお、絶対時刻 $t=t_1:1997年7月11日14時30分45.2500000秒$ 、 $t=t_2:1997年7月11日14時30分45.2516666秒$ 、 $t=t_3:1997年7月11日14時30分45.2533333秒$ の時にサンプリングされてメモリ136に格納された電気量データDva1($t_1 \sim t_3$)～Dvc1($t_1 \sim t_3$)、Dva2($t_1 \sim t_3$)～Dvc2($t_1 \sim t_3$)を図20に概念的に示す。

【0213】このとき、表示装置112のCPU137は、複数のデジタル形保護制御装置111A、111Bにより取得されメモリ136に順次格納された電気量データ群にサンプリング時刻t($t_1 \sim t_3$)が付加されており、また、その電気量データ群が図20に示すように、絶対時刻や相に関係なくランダムに配列されているため、そのサンプリング時刻(絶対時刻)t($t_1 \sim t_3$)に基づいて、前掲図9のステップS5A1～ステップS5A11と略同様の整列処理を行なって例えば古い絶対時刻から最新の絶対時刻へ向けて電気量データ群を時系列的かつ保護制御装置別に整列(ソート)して再度メモリ136における“表”として割り当てられたアドレスに格納することにより、電気量データ群が絶対時刻t($t_1 \sim t_3$)に応じて整列された表を作成する。

【0214】すなわち、CPU137は、メモリ136に格納された電気量データ群Dva1($t_1 \sim t_3$)～Dvc1($t_1 \sim t_3$)、Dva2($t_1 \sim t_3$)～Dvc2($t_1 \sim t_3$)における先頭アドレスの電気量データDva1(t_1)の絶対時刻 t_1 を表における最上位に登録し(ステップS5A1～S5A6参照)、Dva1(t_1)に含まれる装置名(111A)、相(Va)を絶対時刻 t_1 の欄に追加登録し(ステップS5A7～S5A9参照)、次いで電気量データDva1(t_1)の電気量(瞬時値:20V)を取り出して表における絶対時刻 t_1 の欄に装置名に対応させて登録する(ステップS5A10参照)。

【0215】そして、カウンタのインクリメントに応じ

てメモリ136から次段のアドレスの電気量データDva2(t1)に対して上述した処理を繰り返す。

【0216】このDva2(t1)に対するCPU137の上述した処理では、既に絶対時刻t1は表に登録されているため絶対時刻t1の追加登録処理は行なわれず(ステップS5A5、ステップS5A7参照)、電気量データDva2(t1)の装置名(111B)、相名(Va)および電気量20Vが表における絶対時刻t1の欄に追加登録される。

【0217】同様に、先頭アドレスから5番目のDvb1(t2)(b相)に対するCPU137の上述した処理では、絶対時刻t2の追加登録処理が行なわれ、電気量データDvb1(t2)の装置名(111B)、相名(Vb)および電気量9Vが表における絶対時刻t2の欄に追加登録される。

【0218】このようにして、上述した電気量データ群Dva1(t1~t3)~Dvc1(t1~t3)、Dva2(t1~t3)~Dvc2(t1~t3)は、絶対時刻t1~t3に応じて、図21に示すように、装置および相毎に最も以前にサンプリングされた電気量(瞬時値)~最新にサンプリングされた電気量(瞬時値)がソートされた表としてメモリ136に保存される。

【0219】そして、CPU137は、メモリ136に保存された表を読み出してモニタ138に表示する。

【0220】この結果、モニタ138の表示画面には、複数の設備機器E1、E2毎に配設されたデジタル形保護制御装置111A、111Bにおいてそれぞれ取得された状態量(電気量)が図21に示したように、付加された絶対時刻により整列された状態で同時に表示されているため、電力系統31を監視する監視員は、各設備機器E1、E2からデジタル形保護制御装置111A、111Bを介してサンプリングした電気量を正確(例えば絶対時刻の精度である100nsの精度)かつ同時に(同時刻で)比較することができ、信頼性を向上させることができる。

【0221】また、電力系統31を監視する監視員は、各設備機器E1、E2からデジタル形保護制御装置111A、111Bを介してサンプリングした電気量を表示装置112のモニタ138を介して一括して確認することができるため、従来のシステムのように監視員が各デジタル形保護制御装置を巡回して各表示器を介して確認する場合と比べて、その巡回作業に基づく監視員の負担および煩雑さを解消することができ、かつ各デジタル形保護制御装置において電気量確認用の表示器(モニタ)を設置しないことも可能になり、経済性を向上させ、かつ省力化が図れる。

(第5の実施の形態)本発明の第5の実施の形態に係わる電力系統保護制御システムを図22~図24に従って説明する。

【0222】図22は、本実施形態における電力系統保

護制御システムの機能ブロックを示す図である。

【0223】図22によれば、電力系統保護制御システム150は、複数の変電所Ts1、Ts2および有人の電気所(またはデジタル形保護制御装置製作工場等、以下、単に電気所と呼ぶ)Tpで構成されており、この電力系統保護制御システム150の各変電所Ts1、Ts2は、保護制御対象となる電力系統31の各設備機器E1、E2毎にそれぞれ配設されたデジタル形保護制御装置111A、111Bを備えている。

【0224】また、電力系統保護制御システム150の電気所Tpは、例えば製造者が電気所Tp内で設計製作したデジタル形保護制御装置の動作を確認するための系統模擬装置151を備えている。

【0225】各変電所Ts1~Ts2および電気所Tpは、広い範囲に亘って離間かつ分散して配置されており、これら各変電所Ts1~Ts2および電気所Tpは、通信ネットワーク113Aを介してデータ送受信可能に互いに相互接続されている。なお、デジタル形保護制御装置111A、111Bの機能ブロック構成については、第4実施形態の図18に示した機能ブロック構成と略同等であるため、同一の符号を付してその説明を省略または簡略化する。

【0226】系統模擬装置151は、第4実施形態の表示装置112の所定の機能ブロック(受信手段120A、整列手段121および保存手段122)に加えて、整列手段121の処理により保存手段122に表として保存された時系列的にソーティングされた電気量データに基づいて試験電気量、すなわち試験印加用アナログデータSvを生成する生成手段152と、この生成手段152により生成された試験印加用アナログデータSvを被試験装置153に出力する出力手段154とを備えている。

【0227】また、系統模擬装置151の受信手段120Aは、上述した絶対時刻付きの電気量データD1(t)、D2(t)の受信処理機能に加えて、被試験装置153から送信された動作制御指令Cvを受信処理する機能を有している。そして、系統模擬装置151は、受信手段120Aにより受信された動作制御指令Cvに基づいて被試験装置153の動作を確認試験する試験手段155を備えている。

【0228】図23は、本実施形態のデジタル形保護制御装置111Aおよび系統模擬装置151の各機能ブロックの処理を具体的に実現するためのハードウェア構成を示す図である。

【0229】図23に示すデジタル形保護制御装置111A、111Bのハードウェア構成は、図19に示したハードウェア構成と略同等であるため、その説明を省略または簡略化する。

【0230】図23によれば、デジタル形保護制御装置111Aは、トランシーバ125を介して変電所Ts

1内に構築されたイーサネットLAN126に接続されており、このイーサネットLAN126を経由して変電所Ts1内の他の装置に対してデータ送受信可能に相互接続されている。

【0231】また、変電所Ts1内のローカルな範囲を接続するイーサネットLAN126は、トランシーバ125およびルータ155を介して通信ネットワーク113Aを構成する電話回線等の広域ネットワーク157に接続されている。なお、変電所Ts2（デジタル形保護制御装置111B）の広域ネットワーク157に対する接続関係については、図23に示した変電所Ts1（デジタル形保護制御装置111A）に対する接続関係と略同等であるため、その説明を省略する。

【0232】一方、系統模擬装置151は、トランシーバ125を介して電気所Tp内に構築されたイーサネットLAN126に接続されており、このイーサネットLAN126を経由して電気所Tp内の他の装置に対してデータ送受信可能に相互接続されている。

【0233】すなわち、系統模擬装置151は、広域ネットワーク157からルータ156、イーサネットLAN126およびトランシーバ125を介して送られてきた絶対時刻付きの電気量データD1(t)、D2(t)を系統模擬装置151へ入力処理するための通信インタフェース160と、処理プログラムや処理データ保存用のメモリ161、および通信インタフェース160を介して入力された電気量データを受信処理し、メモリ161に予め記憶されたプログラムに従って上述した絶対時刻に基づく時系列的な整列処理および整列処理した結果に基づく試験印加用デジタルデータ生成処理をメモリ161を利用して行なうCPU162、を備えたデジタル演算処理部163と、このデジタル演算処理部163により生成された試験印加用デジタルデータをアナログ型のデータ（試験印加用アナログデータ）Svに変換して被試験装置153に出力するデジタル・アナログ変換部164とを備えている。

【0234】また、系統模擬装置151は、被試験装置153から送られた上記試験印加用アナログデータSvに応じた制御出力データCvを系統模擬装置151へ入力処理するための入出力インタフェース165を備えており、デジタル形演算処理部163のCPU162は、入出力インタフェース165を介して入力された制御出力データCvを受信処理し、この制御出力データCvに基づいて被試験装置153の動作を確認試験する機能を兼ね備えている。なお、この系統模擬装置151の各構成要素（通信インタフェース160、CPU162、メモリ163、デジタル・アナログ変換部164および入出力インタフェース165）は、それぞれバス166に接続されており、これら各構成要素間のデータの送受信は、全てバス166を介してなされるように構成されている。

【0235】また、図22における受信手段120Aは、主に通信インタフェース160、メモリ161、CPU162および入出力インタフェース165の処理により具体化され、整列手段121、保存手段122、生成手段152および試験手段155は、それぞれメモリ161およびCPU162の処理により具体化される。さらに、出力手段154は、CPU162およびデジタル・アナログ変換部164の処理により具体化される。

【0236】このように構成された電力系統保護制御システム150によれば、第1～第4実施形態と同様に、デジタル形保護制御装置111A、111Bの各CPU130は、絶対時刻tに基づいて設定されたサンプリング周期に応じて各アナログデジタル変換部2を介して電力系統31の各設備機器E1、E2の電気量（例えば各相電圧Va、Vb、Vc）を順次サンプリングしてデジタル形の電気量データDva1～Dvc1、Dva2～Dvc2に変換し、この順次変換した電気量データDva1～Dvc1、Dva2～Dvc2に対しそのサンプリング時の絶対時刻tを付加して所定のパラメータ（「装置名」、「電気量の相」、「電気量（瞬時値）」、「絶対時刻（時刻）」）を含むデータ構造を有する電気量データDva1(t)～Dvc1(t)、Dva2(t)～Dvc2(t)を生成する。

【0237】例えば電力系統31の設備機器E1のa相電圧Vaは、絶対時刻t=t1：1997年7月11日14時30分45.2500000秒からサンプリング周期（例えば0.0016666…秒）毎にその瞬時値がアナログデジタル変換部2によりサンプリングされ、サンプリング時の絶対時刻t=t1、t2、…が付加された電気量データDva1(t1)、Dva1(t2)、…が生成される（図24に示すデータ遷移図におけるステップST1参照）。

【0238】デジタル形保護制御装置111A、111Bによりそれぞれサンプリングされた電気量データDva1(t1、t2、…)～Dvc1(t1、t2、…)、Dva2(t1、t2、…)～Dvc2(t1、t2、…)は、通信インタフェース128、トランシーバ125、イーサネットLAN126およびルータ156を介して広域ネットワーク157へ順次送信される。

【0239】系統模擬装置151のデジタル演算処理部163のCPU162は、広域ネットワーク157を介して送信されてきた電気量データ群Dva1(t1、t2、…)～Dvc1(t1、t2、…)、Dva2(t1、t2、…)～Dvc2(t1、t2、…)を通信インタフェース160を介して受信処理してメモリ161における暫定的に割り当てた所定アドレス範囲に順次格納する。

【0240】このとき、系統模擬装置151に受信されメモリ161に暫定的に格納された電気量データ群Dv

$a1(t1, t2, \dots) \sim Dvc1(t1, t2, \dots)$ 、 $Dva2(t1, t2, \dots) \sim Dvc2(t1, t2, \dots)$ は、図24のステップST2に示すように、絶対時刻や相が混在してランダムに配列されているため、第4実施形態と略同様の整列処理を行なうことにより、図24のステップST3に示すように、装置および相毎に最も以前にサンプリングされた電気量(瞬時値)～最新にサンプリングされた電気量(瞬時値)がソートされた表としてメモリ161に保存される。

【0241】そして、CPU162の処理により、メモリ161に保存された表から各装置毎および相毎に電気量(瞬時値)が読み出されてデジタル・アナログ変換部164へ出力され、デジタル・アナログ変換部164を介して順次試験印加用のアナログデータ(電圧データ)Svが生成される。

【0242】このようにして生成された試験印加用アナログデータSvは、デジタル形保護制御装置111A、111Bに取得された実際の電力系統31の各設備機器E1、E2の電気量と比べて、アナログデータからデジタルデータに変換される際の変換誤差およびデジタルデータからアナログデータに変換される際の変換誤差以外の論理的誤差は含まれず略同一である。

【0243】したがって、従来の系統模擬装置により生成された予め装備した系統モデルの系統事故に基づく試験印加用アナログデータではなく、実際の電力系統31の電気量と略同一(上記変換誤差分を除く)の試験印加用アナログデータを生成することができる。

【0244】このようにしてデジタル・アナログ変換部164により生成された試験印加用のアナログデータSvは、被試験装置153に送られる。

【0245】被試験装置153では、送信された試験印加用のアナログデータSvに基づいて保護制御演算が行なわれて試験印加用アナログデータSvに対応する制御出力データCvが生成される。そして、この制御出力データCvは、系統模擬装置151に送信され、系統模擬装置151のデジタル形演算処理部163のCPU162により入出力インタフェース165を介して受信処理される。

【0246】この結果、系統模擬装置151のCPU162の処理により、試験印加用アナログデータに応じた被試験装置153の動作を確認することができる。

【0247】以上述べたように、本実施形態の電力系統保護制御システムによれば、電力系統の実際の状態量(電気量)と略同等の試験印加用アナログデータを用いることができるため、予め定められた限定された系統モデルや系統事故に基づく試験印加用アナログデータではなく、実際の電力系統において発生した系統事故に基づく状態量(状態データ)に対応する試験印加用アナログデータを用いて被試験装置の動作確認試験を行なうことができる。

【0248】したがって、例えば隣接する平行2回線の送電線間の電磁誘導等実際の複雑な系統事故に基づく状態量に対応する試験印加用アナログデータを用いて被試験装置の動作確認試験を行なうことが可能になり、被試験装置および電力系統保護制御システムの動作確認試験に関する信頼性を高めることができる。

【0249】また、実際の電力系統が複雑かつ重潮流化されていても、そのような電力系統で起こり得る系統事故に基づく状態量に対応する試験印加用アナログデータを用いて被試験装置の総合動作試験を行なうことができ、被試験装置および電力系統保護制御システムの動作確認試験に関する信頼性をさらに向上させることができる。

【0250】さらに、長時間に渡る定常状態を継続させる試験を行なう際においても、実際の電力系統の状態量(電気量)がそのまま試験印加用アナログデータとなるため、日中の系統の潮流変化や系統運用の変化等に対応した試験印加用アナログデータが生成される。したがって、従来不可能であるか、あるいは非常に高価かつ複雑な系統モデルを用いることでしか成し得なかった上述した日中の系統潮流変化や系統運用変化等を反映させた動作確認試験を行なうことが上記高価かつ複雑な系統モデルを用いることなく容易に可能になり、電力系統保護制御システムの経済性や被試験装置および電力系統保護制御システム自体の信頼性をさらに向上させることができる。

(第6の実施の形態) 本発明の第6の実施の形態に係わる電力系統保護制御システムを図25および図26に従って説明する。

【0251】図25は、本実施形態の電力系統保護制御システムの機能ブロックを示す図である。なお、第4実施形態の前掲図18に示した電力系統保護制御システムの各機能ブロックと略同等の機能ブロックについては、同一の符号を付してその説明を省略または簡略化する。

【0252】図25によれば、電力系統保護制御システム170は、保護制御対象となる電力系統31の設備機器(以下では、説明の簡単化のため、例えば互いに隣接して配置された2つの設備機器(設備機器E1、E2)とする)毎に配設され、各設備機器E1、E2の電流や電圧等のアナログ状態量(電気量)S1、S2をそれぞれ取り込み、その電気量S1、S2に基づいて保護制御演算処理を行なって電力系統31の各設備機器E1、E2に対する遮断器等の保護制御機器への引外し指令(トリップ指令)や復帰指令等の保護制御動作指令C1、C2をそれぞれ出力する保護制御演算機能と、この保護制御演算機能とは別個の独立した機能として、上記電気量S1、S2に基づいて各設備機器E1、E2に対して故障(事故)が発生したか否かを検出する故障検出機能(事故検出機能)とをそれぞれ備えた複数のデジタル形保護制御装置171A、171Bと、これら各ディ

タル形保護制御装置171A、171Bが取得した電気量S1、S2を表示する表示装置112とを備えており、互いに通信ネットワーク113を介してデータ送受信可能に接続されている。

【0253】デジタル形保護制御装置171Aは、GPS受信手段115、データ取得手段116および保護制御演算手段118に加えて、データ取得手段116から出力された電気量データD1に基づいて、保護制御対象となる設備機器E1および非保護制御対象である設備機器E2に対して発生する故障を検出する故障検出手段172Aを備えている。なお、設備機器E2が非保護制御対象であるとは、設備機器E2に故障が発生してもデジタル形保護制御装置171Aの保護制御機器は正不動作であることを意味している。

【0254】さらに、デジタル形保護制御装置171Aは、故障検出手段172Aが設備機器E1および設備機器E2の内の少なくとも一方の故障を検出した際に、その故障検出指令に応じて、データ取得手段116によりサンプリングされた電気量データD1を取り込み、この電気量データD1がサンプリングされた際の絶対時刻 t を付加して絶対時刻付きの電気量データD1(t)として記録する動作情報記録手段173Aと、この動作情報記録手段173Aに記録された電気量データD1(t)を読み出して通信ネットワーク113に送出する送出手段174Aとを備えている。

【0255】また、データ保護制御装置171Bは、デジタル形保護制御装置171Aと同様に、GPS受信手段115、データ取得手段116および保護制御演算手段118に加えて、データ取得手段116から出力された電気量データD2に基づいて、保護制御対象となる設備機器E2および非保護制御対象である設備機器E1に対して発生する故障を検出する故障検出手段172Bと、この故障検出手段172Bが設備機器E1および設備機器E2の内の少なくとも一方の故障を検出した際に、その故障検出指令に応じて、データ取得手段116によりサンプリングされた電気量データD2を取り込み、この電気量データD2がサンプリングされた際の絶対時刻 t を付加して絶対時刻付きの電気量データD2(t)として記録する動作情報記録手段173Bと、この動作情報記録手段173Bに記録された電気量データD2(t)を読み出して通信ネットワーク113に送出する送出手段174Bとを備えている。なお、GPS受信手段用の交流電源については、図示を省略している。

【0256】表示装置112は、第4実施形態と同様に、デジタル形保護制御装置171A、171Bからそれぞれ送出され通信ネットワーク113を介して送信されてきた絶対時刻付きの電気量データD1(t)、D2(t)を時系列的に整列して表示するものであり、受信手段120、整列手段121、保存手段122および表示手段123を備えている。

【0257】図26は、本実施形態のデジタル形保護制御装置171Aおよび表示装置112の各機能ブロックの処理を具体的に実現するためのハードウェア構成を示す図である。なお、表示装置112は、例えばパーソナルコンピュータで実現される。また、デジタル形保護制御装置171Aのハードウェア構成において、前掲図19に示したデジタル形保護制御装置111Aのハードウェアの各構成要素と略同等の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略または簡略化する。

【0258】図26に示すデジタル形保護制御装置171Aは、電力系統保護制御システム170の他の装置(デジタル形保護制御装置171B、表示装置112)に対して通信ネットワーク113を構成するトランシーバ125およびイーサネットLAN126を介してデータ送受信可能に相互接続されている。

【0259】デジタル形保護制御装置171Aは、第4実施形態と同様の構成要素である電気量データ取得用のアナログデジタル変換部2、絶対時刻付加処理や保護制御演算処理を含む処理実行用の主検出リレーハードウェアとしてのデジタル演算処理部3、電力系統31に対するインタフェース用の入出力インタフェース(I/O)4、構成要素間接続用のバス5、電気量データ等の表示用のLED表示器14、GPSシステム(GPS受信アンテナ115a、人工衛星L)に対するインタフェース用のGPSインタフェース127およびイーサネットLAN126に対するインタフェース用の通信インタフェース128に加えて、上述した故障検出手段172Aを具体的に実現するための事故検出リレーハードウェアとしてのデジタル演算処理部175を備えている。

【0260】デジタル演算処理部175は、故障検出処理を含む処理を実行するためのCPU176、電気量データやCPU176の処理時のデータを一時的に保存するためのRAM177、故障検出処理を含む処理の手順(プログラム)を保存するためのROM178、および整定値を記憶するEEPROM179を備えており、これらの各構成要素は、バス180によりデータ送受信可能に相互接続されている。また、バス180はバス5に接続されており、この結果、デジタル演算処理部175のCPU176は、バス180およびバス5を介してアナログデジタル変換部2、デジタル演算処理部3および通信インタフェース128等とデータ送受信可能になっている。

【0261】デジタル演算処理部175のCPU176は、CPU130の保護制御演算処理による故障(事故)検出範囲よりも広範な検出範囲、すなわち、CPU130が故障検出動作を行なった場合には必ず動作し、かつCPU130の保護制御対象となる設備機器E1に限らず、保護制御対象以外の電力系統31内の設備機器

に発生した故障(事故)を、RAM177に保存された電氣量データに基づいて、例えば電力系統31の電氣量(電流等)がある一定値以上になったときや、電圧の3相アンバランスがある一定値以上になった場合等の手段で検出し、トリップ指令等の保護制御動作指令C1'をバス5を介して入出力インタフェース4に送るようになっている。

【0262】入出力インタフェース4は、フェイルセーフ機能を有しており、CPU130からの保護制御動作指令C1とCPU176からの保護制御動作指令C1'とがそれぞれ送信された場合にのみ、すなわち両者のアンド出力値を保護制御動作指令C1として遮断器等の保護制御機器へ送信するようになっている。

【0263】なお、デジタル形保護制御装置171Bのハードウェア構成は、取得する電氣量がS2、変換する電氣量データがD2で表される以外は、デジタル形保護制御装置171Aのハードウェア構成と同等であるため、その説明を省略する。一方、表示装置112は、第4実施形態と同様に、入出力インタフェース135、メモリ136、CPU137およびモニタ138から構成されている。

【0264】このように構成された電力系統保護制御システム170の全体動作を以下に述べる。

【0265】図27は、電力系統の一部の設備機器を含む単線結線図を示す図である。

【0266】図27によれば、電力系統31Aとして、母線Aと母線Bとを接続する互いに隣接する送電線(1号線TL1、2号線TL2)と、1号線TL1と母線Cとを接続する送電線TL3と、2号線TL2と母線Cとを接続し送電線TL3と隣接する送電線TL4とがそれぞれ示されている。

【0267】このとき、この電力系統31Aには、隣接する1号線TL1、2号線TL2における電源が接続された端子A側端子に配設され1号線TL1、2号線TL2(母線A、母線B)の保護制御を行なうデジタル形保護制御装置1LA、1LBと、隣接する1号線TL1、2号線TL2における開放端子B側端子に配設され1号線TL1、2号線TL2(母線A、母線B)を保護制御するためのデジタル形保護制御装置2LA、2LBと、隣接する送電線TL3、TL4に配設され送電線TL3、TL4(母線C)を保護制御するためのデジタル形保護制御装置1LC、2LCとが設置されている。

【0268】このように構成された電力系統31Aでは、1号線TL1と2号線TL2とは互いに隣接して配置されているため相互に影響を与えているものの、仮に1号線TL1で図27に示すような系統故障が発生した場合には、デジタル形保護制御装置2LA~2LCは、保護制御対象が2号線TL2であるため、保護制御動作しない(すなわち、正不動作を行なう)。

【0269】しかしながら、上記1号線TL1と2号線TL2等、互いに関連して影響を及ぼしている複数の設備機器においては、その一部の設備機器に系統故障が発生した場合、残りの設備機器の状態量解析をその残りの設備機器を保護制御対象とするデジタル形保護制御装置において行ないたいという要求が高まっていた。

【0270】本実施形態の電力系統保護制御システムは上述した要求に応えるためのものである。

【0271】すなわち、本実施形態の電力系統保護制御システム170によれば、デジタル形保護制御装置171AのCPU130およびCPU176は、第4実施形態と同様のサンプリング周期設定処理により設定されたサンプリング周期に基づいてアナログデジタル変換部2を介して電力系統31の設備機器E1の電氣量S1(例えば各相電圧Va、Vb、Vc)を順次サンプリングしてデジタル形の電氣量データDva1~Dvc1に変換し、この順次変換した電氣量データDva1~Dvc1をRAM131およびRAM177にそれぞれ格納する。同様に、デジタル形保護制御装置171BのCPU130およびCPU176は、設備機器E2の電氣量S2に基づいて得られた電氣量データDva2~Dvc2をRAM131およびRAM177にそれぞれ格納する。

【0272】このとき、デジタル形保護制御装置171Aおよびデジタル形保護制御装置171BのCPU130は、EEPROM13に記憶された整定値およびRAM131に格納された電氣量データDva1~Dvc1およびDva2~Dvc2に基づいて保護制御演算処理をそれぞれ実行して保護制御対象となる設備機器E1および設備機器、例えばE2に対して系統故障が発生しているか否かをそれぞれ判断し、判断結果(E1およびE2に故障発生の場合)に応じて保護制御動作指令(引き外し動作指令等)C1を入出力インタフェース4に出力している。

【0273】一方、デジタル形保護制御装置171AのCPU176は上記CPU130の保護制御演算処理と別個かつ同時に、EEPROM179に記憶された整定値およびRAM177に格納された電氣量データDva1~Dvc1に基づいて演算処理を行ない、自デジタル形保護制御装置171Aの保護制御対象となる設備機器E1に加えて保護制御対象である設備機器E1以外の電力系統31の他の設備機器(例えば設備機器E2)に故障が発生しているか否かを判断する。同様に、デジタル形保護制御装置171BのCPU176は、電氣量データDva2~Dvc2に基づく演算処理により、自デジタル形保護制御装置171Bの保護制御対象となる設備機器E2および保護制御対象である設備機器E2以外の電力系統31の他の設備機器(例えば設備機器E1)に故障が発生しているか否かを判断する。

【0274】例えば、設備機器E2に系統故障が発生したとすると、その設備機器E2を保護制御対象とするデ

ィジタル形保護制御装置171BのCPU176は、上述したCPU130による保護制御演算処理に基づく保護制御動作指令C1'を入出力インタフェース4に送信する。この結果、入出力インタフェース4のフェイルセーフ機能により保護制御動作指令C1が遮断器等の保護制御機器へ送信される(正動作処理)。

【0275】また、CPU176は、上記演算処理により設備機器E2に系統故障が発生したと判断した際に、正動作処理における保護制御動作指令C1'出力処理に加えて、RAM177に格納された電気量データDva2～Dvc2に対しそのサンプリング時の絶対時刻「 $t=t_1$ 」を付加して、前掲図20に概念的に示すようなパラメータを含むデータ構造を有する電気量データDva2(t_1)～Dvc2(t_1)、すなわち、系統故障時の状態量(電気量、状態量)を表す電気量データとしてRAM177に再度保存(記録)し、この記録した電気量データDva2(t_1)～Dvc2(t_1)をバス180、バス5、通信インタフェース128およびトランシーバ125を介してイーサネットLAN126へ順次送信する。そして、以下、系統事故発生以降の電気量データDva2(t_2 、 t_3 、…)～Dvc2(t_2 、 t_3 、…)をサンプリング周期毎にイーサネットLAN126へ順次送信する。

【0276】一方、事故が発生した設備機器E2を保護制御対象としないィジタル形保護制御装置171AのCPU176は、保護制御演算処理により非保護制御対象である他の設備機器に系統故障が発生したと判断して、ィジタル形保護制御装置171BのCPU176と同様に、電気量データDva1～Dvc1を絶対時刻「 $t=t_1$ 」付きの電気量データDva1(t_1)～Dvc1(t_1)としてRAM177に再度記録し、記録した電気量データDva1(t_1)～Dvc1(t_1)をバス180、バス5、通信インタフェース128およびトランシーバ125を介してイーサネットLAN126へ順次送信する。以下、系統事故発生以降の電気量データDva1(t_2 、 t_3 、…)～Dvc1(t_2 、 t_3 、…)をサンプリング周期毎にイーサネットLAN126へ順次送信する。

【0277】このとき、表示装置112のCPU137は、第4実施形態と同様に、イーサネットLAN126を介して送信されてきた電気量データDva1(t_1 、 t_2 、…)～Dvc1(t_1 、 t_2 、…)およびDva2(t_1 、 t_2 、…)～Dvc2(t_1 、 t_2 、…)を入出力インタフェース135を介して受信処理してメモリ136における暫定的に割り当てた所定アドレス範囲に順次格納し(整列前、前掲図20参照)、そのサンプリング時刻(絶対時刻)「 $t=t_1$ 、 t_2 、…」に基づいて第4実施形態と略同様の整列処理を行なうことにより、例えば電気量データ群を時系列的かつ保護制御装置別に整列して表を作成する(整列後、前掲図21参照)。

【0278】そして、CPU137は、メモリ136に保存された表を読み出してモニタ138に表示して、処理を終了する。

【0279】この結果、モニタ138の表示画面には、系統故障発生時においてその系統事故が発生した設備機器E2の状態量(状態量)および電力系統31における事故発生設備機器E2に関連する設備機器E1(非故障)の状態量(状態量)を時系列的に整列した状態で表示することができる。

【0280】すなわち、本実施形態によれば、系統事故発生時において正動作を行なうィジタル形保護制御装置171Bで取得された系統事故発生設備機器E2の状態量の記録および表示に加えて、その設備機器E2に関連する電力系統31内の他の非故障の設備機器(例えば設備機器E1)の状態量をその設備機器E1を保護制御対象とする正不動作のィジタル形保護制御装置171Aにおいても記録し、かつ表示装置112のモニタ138を介して上記表示することができる。

【0281】したがって、従来行なうことができなかった系統事故発生時に正不動作となったィジタル形保護制御装置で取得される状態量の記録、確認および解析作業を容易に実施することができるため、系統事故発生時に保護制御対象に関係なく全てのィジタル形保護制御装置を通じて得られた電力系統全体の電気量(状態量)を使用した総合的な解析を行なうことができ、電力系統保護制御システム全体の信頼性を向上させることができる。

【0282】また、表示装置のモニタを介して系統事故発生時の各設備機器の状態量を全て確認・解析することができるため、第4実施形態の効果に加えて、各ィジタル形保護制御装置を巡回して解析ツールを用いて各設備機器の状態量を確認・解析する必要がなくなり、大幅な省力化が図れる。

【0283】さらに、本実施形態によれば、仮にィジタル形保護制御装置171Bにおける通常の保護制御演算処理を行なうCPU130を含むィジタル演算処理部3自体に動作不良が発生して、事故発生設備機器E2を保護制御対象となるィジタル形保護制御装置171Bが誤不動作しても、CPU130とは個別に設けたィジタル演算処理部175のCPU176により設備機器E2の故障を検出をして上述した電気量データ記録および送信処理を行なうとともに、保護制御動作を行なうことができる。

【0284】したがって、系統事故発生時においては、正不動作・誤不動作に関係なく電力系統の各設備機器の状態量の確認・解析を行なうことができるため、電力系統保護制御システム全体の信頼性および経済性を向上させることができる。

【0285】なお、上述した第4および第6実施形態では、表示装置を、電力系統の各設備機器毎にそれぞれ配

設された複数のデジタル形保護制御装置とは別個に設けたが、本発明はこれに限定されるものではなく、表示装置を上記複数のデジタル形保護制御装置の内の何れか1つに設置してもよい。

(第7の実施の形態) 本発明の第7の実施の形態に係わる電力系統保護制御システムを図28に従って説明する。

【0286】図28は、本実施形態の電力系統保護制御システムの機能ブロックを示す図である。

【0287】図28によれば、本実施形態の電力系統保護制御システム190は、複数の変電所Ts1、Ts2および有人の電気所Tpで構成されており、この電力系統保護制御システム190の各変電所Ts1、Ts2は、保護制御対象となる例えば互いに隣接して配置された例えば2つの設備機器E1、E2毎にそれぞれ配設されたデジタル形保護制御装置171A、171Bを備えている。このデジタル形保護制御装置171A、171Bが有する機能ブロック構成は、第6実施形態で示したデジタル形保護制御装置との機能ブロック構成と同等であるため、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0288】そして、電力系統保護制御システム190の電気所Tpは、これら各デジタル形保護制御装置171A、171Bが取得した電気量S1、S2に基づく電気量データに応じて試験印加用アナログデータSvを生成し、生成された試験印加用アナログデータに基づいて、例えば製造者が電気所Tp内で設計製作したデジタル形保護制御装置(被試験装置)の動作を確認するための系統模擬装置151を備えており、これら各デジタル形保護制御装置171A、171Bおよび系統模擬装置151は、通信ネットワーク113Aを介してデータ送受信可能に相互接続されている。なお、系統模擬装置151の機能ブロック構成は、第5実施形態で説明した系統模擬装置の機能ブロック構成と同等であるため、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0289】また、本実施形態の各デジタル形保護制御装置171A、171Bのハードウェア構成は、第6実施形態における前掲図26に示したデジタル形保護制御装置のハードウェア構成と同等であるため、図26に示したハードウェア構成要素を参照して説明を行なう。さらに、本実施形態の系統模擬装置151のハードウェア構成は、第5実施形態における前掲図23に示したデジタル形保護制御装置のハードウェア構成と同等であるため、図23に示したハードウェア構成要素を参照して説明を行なう。

【0290】すなわち、本構成の電力系統保護制御システム190によれば、例えば設備機器E2に系統故障が発生した場合、デジタル形保護制御装置171Aおよびデジタル形保護制御装置171Bの第6実施形態と同様の処理により、通信ネットワーク113Aに向けて

系統事故発生時およびそれ以後の系統事故発生設備機器E2の状態を表す電気量データDva2(t1、t2、...)~Dvc2(t1、t2、...)ならびに上記系統事故発生設備機器E2に隣接する設備機器E1の系統事故発生時およびそれ以後の状態を表す電気量データDva1(t1、t2、...)~Dvc1(t1、t2、...)がそれぞれ送信される。

【0291】通信ネットワーク113Aへ送信された電気量データDva1(t1、t2、...)~Dvc1(t1、t2、...)および電気量データDva2(t1、t2、...)~Dvc2(t1、t2、...)は、系統模擬装置151に送られて受信され、第5実施形態と同等の整列処理により、時系列的かつ保護制御装置別に表として整列される。

【0292】そして、系統模擬装置151の生成処理により、表として整列された各装置毎および相毎に読み出された電気量(瞬時値)に基づいて試験印加用アナログデータSvが生成されて被試験装置153に送信される。

【0293】すなわち、本構成によれば、系統事故発生時において正動作を行なうデジタル形保護制御装置171Bで取得された系統事故発生設備機器E2の状態量に加えて、その設備機器E2に関連してデジタル形保護制御装置171Aで取得された設備機器E1(非故障)の状態量に基づいて試験印加用アナログデータを生成して被試験装置153に印加して試験を実行することができる。

【0294】したがって、従来行なうことができなかった系統事故発生時に正不動作となったデジタル形保護制御装置で取得された状態量に対応する試験印加用アナログデータを用いて被試験装置の動作確認試験を行なうことができ、被試験装置および電力系統保護制御システムの動作確認試験に関する信頼性を高めることができる。

【0295】また、従来実現できなかった複雑な電力系統における試験でも、その電力系統が実際に存在するならば試験を実施することが可能になり、被試験装置および電力系統保護制御システムの動作確認試験に関する信頼性をさらに向上させることができる。

【0296】そして、本構成によれば、各デジタル形保護制御装置には、系統事故発生後に取得された各設備機器の電気量データがそれぞれ記録されるため、従来のような様々な系統故障の模擬の設定を行なうことなく様々な系統故障に伴う各設備機器の実際の電気量データを取得することができ、電力系統保護制御システムの経済性や被試験装置および電力系統保護制御システム自体の信頼性をさらに向上させることができる。

【0297】なお、上述した第5および第7実施形態では、系統模擬装置を、電力系統の各設備機器毎にそれぞれ配設された複数のデジタル形保護制御装置とは別個に設けたが、本発明はこれに限定されるものではなく、

系統模擬装置を上記複数のデジタル形保護制御装置の内の何れか1つに設置してもよい。

【0298】また、上述した第6および第7実施形態では、事故検出リレー動作を行なう事故検出リレーハードウェアをデジタル演算処理部3とは別個に設けたが、本発明はこれに限定されるものではなく、デジタル形演算処理部3におけるリレー要素ソフトウェアの1つとして実現し、同一のデジタル型演算処理部3が主検出リレー動作および事故検出リレー動作を行なうように構成してもよい。

(第8の実施の形態) 本発明の第8の実施の形態に係わる電力系統保護制御システムを図29および図30に従って説明する。

【0299】図29は、本実施形態における電力系統保護制御システムの機能ブロック図を示す図である。

【0300】図29によれば、電力系統保護制御システム200は、複数の変電所Ts1～Ts3で構成されており、この電力系統保護制御システム200の各変電所Ts1～Ts3におけるTs1、Ts2は、保護制御対象となる電力系統31の各設備機器E1、E2毎にそれぞれ配設されたデジタル形保護制御装置201A、201Bを備えている。また、変電所Ts3は、動作確認試験の対象となるデジタル形保護制御装置201Cを備えている。各変電所Ts1～Ts3は、通信ネットワーク113Aを介してデータ送受信可能に相互接続されている。

【0301】デジタル形保護制御装置201Aは、第5実施形態のデジタル形保護制御装置111Aの所定の機能ブロック(GPS受信手段115、データ取得手段116および送出手段117)に加えて、他のデジタル形保護制御装置(デジタル形保護制御装置201B)から送出され通信ネットワーク113Aを介して送信されてきた絶対時刻付きの電気量データD2(t)を受信処理する受信手段205Aと、この受信手段205Aより受信された電気量データD2(t)を、付加された絶対時刻に基づいて時系列的に整列(ソーティング)する整列手段206Aとを備えている。

【0302】さらに、デジタル形保護制御装置201Aは、上記通信ネットワーク113Aを介して絶対時刻付きの電気量データD2(t)が送られたか否か(すなわち、整列手段206Aによる整列結果が存在するか否か)を判断し、この結果、電気量データD2(t)が送られて整列手段206Aによる整列結果が存在する場合には、その整列結果を後述する保護制御手段に入力し、整列結果が存在しない場合には、データ取得手段116により取得された電力系統31の保護制御対象である設備機器E1の状態量データ(電気量データD1(t))を保護制御演算手段に入力する入力手段207Aと、整列手段206Aによる整列結果およびデータ取得手段116により取得された電気量データの内のどちらか一方

に基づいて保護制御演算処理を行なう保護制御演算手段208Aとを備えており、保護制御演算手段208Aは、データ取得手段116により取得された電気量データD1(t)を用いて保護制御演算処理を行なった場合、得られた処理結果を保護制御動作指令C1として電力系統31の設備機器E1に対する遮断器等の保護制御機器へ出力し、また、整列手段206Aによる整列結果を用いて保護制御演算処理を行なった場合、得られた処理結果をモニタ等の表示手段209Aを介して表示するようになっている。

【0303】なお、デジタル形保護制御装置201Bは、GPS受信手段115、データ取得手段116、送出手段117、受信手段205B、整列手段206B、入力手段207B、保護制御演算手段208Bおよび表示手段209Bを備えており、このデジタル形保護制御装置201Bの各機能ブロックは、他のデジタル形保護制御装置がデジタル形保護制御装置201Aであり、上述した通信ネットワーク103Aを介して送られてくる電気量データがD1(t)、およびデータ取得手段116により取得された電気量データが保護制御対象である設備機器E2の電気量データD2(t)である点以外は、デジタル形保護制御装置201Aの各機能ブロックと略同等であるため、その説明を省略する。

【0304】デジタル形保護制御装置201Cは、GPS受信手段115、データ取得手段116、送出手段117、受信手段205C、整列手段206C、入力手段207C、保護制御演算手段208Cおよび表示手段209Cを備えている。

【0305】デジタル形保護制御装置201Cの各機能ブロックは、基本的にはデジタル形保護制御装置201Aおよび201Bの機能ブロック構成と略同等であるが、デジタル形保護制御装置201Cが動作確認試験前であるため、若干異なっている。

【0306】すなわち、デジタル形保護制御装置201Cのデータ取得手段116は、保護制御対象となる電力系統31の設備機器から電気量データを取り込まないようになっている。したがって送出手段117は、電気量データを通信ネットワーク113Aを介して他のデジタル形保護制御装置201A、201Bに対して送信しないようになっている。また、受信手段205Cは、通信ネットワーク113Aを介して他のデジタル形保護制御装置(201A、201B)から電気量データD1(t)、D2(t)を受信するようになっている。整列手段206Cは、受信手段205Cより受信された電気量データD1(t)、D2(t)を、付加された絶対時刻に基づいて時系列的に整列(ソーティング)するようになっている。

【0307】さらに、入力手段207Cは、整列手段206Cの整列結果を保護制御手段208Cに入力するようになっている。保護制御演算手段208Cは、入力手

段207Cから入力された整列結果に基づいて保護制御演算処理を行なうようになっている。

【0308】図30は、本実施形態のデジタル形保護制御装置201Aおよび201Cの各機能ブロックの処理を具体的に実現するためのハードウェア構成を示す図である。なお、デジタル形保護制御部201Aおよび201Cのハードウェア構成において、前掲図60に示したデジタル形保護制御装置1のハードウェアの各構成要素と略同等の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略または簡略化する。

【0309】図30によれば、デジタル形保護制御装置201Aおよび201Cは、トランシーバ125を介して変電所Ts1およびTs3内に構築されたイーサネットLAN126にそれぞれ接続されており、このイーサネットLAN126を経由して変電所Ts1およびTs3内の他の装置に対してデータ送受信可能に相互接続されている。

【0310】また、変電所Ts1およびTs3内のローカルな範囲をそれぞれ接続するイーサネットLAN126は、トランシーバ125およびルータ155を介して通信ネットワーク113Aを構成する広域ネットワーク157にそれぞれ接続されている。なお、変電所Ts2（デジタル形保護制御装置201B）の広域ネットワーク157に対する接続関係については、図30に示した変電所Ts1（デジタル形保護制御装置201A）および変電所Ts3（デジタル形保護制御装置201C）に対する接続関係と略同等であるため、その説明を省略する。

【0311】図30に示すデジタル形保護制御装置201Aは、電気量データD1取得用のアナログデジタル変換部2と、上述した絶対時刻付加処理、整列処理、判別処理および保護制御演算処理実行用のデジタル演算処理部215と、電力系統31に対するインタフェース用の入出力インタフェース（I/O）4と、構成要素間接続用のバス5と、電気量データ等の表示用のLED表示器14と、GPSシステム（GPS受信アンテナ115a、人工衛星L）に対するインタフェース用のGPSインタフェース127と、イーサネットLAN126とデジタル演算処理部215との間のデータ入出力に関するインタフェース処理用の通信インタフェース128とを備えている。

【0312】デジタル演算部215は、上述した絶対時刻付加処理、整列処理、判別処理および保護制御演算処理を含む処理を実行するCPU216、電気量データやCPU216の処理時のデータを一時的に保存するためのRAM217、絶対時刻付加処理、整列処理、判別処理および保護制御演算処理を含む処理の手順（プログラム）を保存するためのROM218、および整定値を記憶するEEPROM13のハードウェアから構成されている。

【0313】また、デジタル形保護制御装置201Aは、CPU216の保護制御演算処理により得られた結果を表示するためのモニタ219を有している。なお、デジタル形保護制御装置201Bのハードウェア構成は、取得する電気量がS2、変換する電気量データがD2で表される以外は、デジタル形保護制御装置201Aのハードウェア構成と同等であるため、その説明を省略する。

【0314】被試験対象であるデジタル形保護制御装置201Cのハードウェア構成は、動作確認試験前であるためアナログデジタル変換部2が電力系統31と接続されていない点、上記動作確認試験前の理由からGPSインタフェース127がGPS受信アンテナ115aに接続されていない点およびデジタル演算処理部215のCPU216が判別処理を行わない点を除けば、デジタル形保護制御装置201Aのハードウェア構成と略同等であるため、同一の符号を付してその説明を省略する。

【0315】なお、図29におけるデータ取得手段116は、主にアナログデジタル変換部2およびCPU216の処理により具体化され、GPS受信手段115は、主にGPSインタフェース127、CPU216、RAM217およびROM218により具体化される。また、送出手段117は、主にCPU216、RAM217、ROM218、通信インタフェース128、トランシーバ125、イーサネットLAN126および広域ネットワーク157により具体化される。

【0316】さらに、図29における受信手段205A～205Cは、各デジタル形保護制御装置201A～201Cにおける主にトランシーバ125、イーサネットLAN126、通信インタフェース128およびCPU216により具体化され、整列手段206A～206C、入力手段207A～207Cおよび保護制御演算手段208A～208Cは、各デジタル形保護制御装置201A～201Cにおける主にCPU216、RAM217およびROM218によりそれぞれ具体化される。また、表示手段209A～209Cは、各デジタル形保護制御装置201A～201Cにおける主にCPU216およびモニタ219により具体化される。

【0317】このように構成された電力系統保護制御システム200によれば、デジタル形保護制御装置201A、201BのCPU216による上述した各実施形態と同様のサンプリング周期設定処理により設定されたサンプリング周期に基づいて、アナログデジタル変換部2を介して電力系統31の設備機器E1、E2の電気量S1、S2が順次サンプリングされてデジタル形の電気量データD1、D2に変換され、この順次変換された電気量データD1、D2は、CPU216の上述した各実施形態と同様の絶対時刻付加処理により電気量データD1（t1、t2、…）、D2（t1、t2、…）と

して通信インタフェース128、トランシーバ125、イーサネットLAN126およびルータ156を介して広域ネットワーク157へ順次送信される。

【0318】このとき、被試験装置であるデジタル形保護制御装置201CのCPU216は、広域ネットワーク157を介して送信されてきた電気量データ群D1(t1、t2、…)、D2(t1、t2、…)に対して上述した各実施形態と略同様の絶対時刻に基づく整列処理を行なうことにより、前掲図21や図24に示すような整列結果である表をRAM217上に生成する。

【0319】そして、CPU216は、RAM217上に生成された整列結果である表から整列された電気量データD1(t1、t2、…)、D2(t1、t2、…)を順次読み出し、この読み出した電気量データD1(t1、t2、…)、D2(t1、t2、…)に基づいて保護制御演算処理を実行する。そして、CPU216は、保護制御演算処理により得られた制御出力データをモニタ219に送る。

【0320】この結果、モニタ219には、電力系統31の各設備機器E1、E2からサンプリングされた状態量(電気量)に基づく制御出力データが表示されるため、表示された制御出力データを視認することにより、被試験装置であるデジタル形保護制御装置201Cの動作確認試験を行なうことができる。

【0321】すなわち、本実施形態の電力系統保護制御システムによれば、系統模擬装置を用いることなく、しかも従来では実施できなかった実際の電力系統における各設備機器の状態量に対応する電気量データを用いて被試験装置であるデジタル形保護制御装置の動作確認試験を行なうことができる。

【0322】したがって、被試験装置および電力系統保護制御システムの動作確認試験に関する信頼性を向上させるとともに、電力系統保護制御システムの経済性を向上させることができる。

【0323】一方、本実施形態の電力系統保護制御システム200では、実際に電力系統31の設備機器から電気量データをサンプリングしない被試験装置であるデジタル形保護制御装置の保護制御演算部(CPU216、RAM217等)の動作確認試験を行なったが、この電力系統保護制御システム200では、実際に電力系統31の各設備機器E1、E2から電気量データD1、D2をサンプリングしているデジタル形保護制御装置201A、201Bの保護制御演算部に対しても、その動作中に当該保護制御演算部の動作確認試験を実行することができる。

【0324】例えば、デジタル形保護制御装置201Bで取得された電気量データD2を用いてデジタル形保護制御装置201Aの動作確認試験を行なう場合、デジタル形保護制御装置201BのCPU216により取得・生成された絶対時刻付きの電気量データD2(t1、t2、…)

1、t2、…)は、通信インタフェース128、トランシーバ125、イーサネットLAN126およびルータ156を介して広域ネットワーク157へ順次送信される。

【0325】このとき、被試験装置であるデジタル形保護制御装置201AのCPU216は、アナログデジタル変換部2を介した設備機器E1からの電気量データD1(t1、t2、…)のサンプリング処理と並行して、広域ネットワーク157を介して送信されてきた電気量データ群D2(t1、t2、…)に対して上述した整列処理を行なうことにより、前掲図21や図24に示すような整列結果である表をRAM217上に生成する。

【0326】このとき、デジタル形保護制御装置201AのCPU216は、RAM217上に整列結果(表)が存在するか否かを判断しており、もしこの結果、RAM217に整列結果(表)が存在しないと判断されれば、CPU216は、サンプリング処理された電気量データD1(t1、t2、…)に基づく設備機器E1に対する通常の保護制御演算処理を実行する。

【0327】一方、本実施形態では、RAM217に整列結果(表)が存在しているため、CPU216は、サンプリングされた電気量データD1(t1、t2、…)ではなく、RAM217上に生成された整列結果である表から整列された電気量データD2(t1、t2、…)を順次読み出し、この読み出した電気量データD2(t1、t2、…)に基づいて保護制御演算処理を実行する。

【0328】そして、デジタル形保護制御装置201AのCPU216は、保護制御演算処理により得られた制御出力データをモニタ219に送る。

【0329】この結果、モニタ219には、電力系統31の設備機器E2からサンプリングされた状態量(電気量)に基づく制御出力データが表示されるため、表示された制御出力データを視認することにより、動作中(電力系統31の設備機器E1から電気量をサンプリング中)のデジタル形保護制御装置201Aの動作確認試験を、そのデジタル形保護制御装置201Aのサンプリング動作を停止させることなく実行することができる。

【0330】すなわち、本実施形態の電力系統保護制御システムによれば、系統模擬装置を用いることなく、かつ実際の電力系統における各設備機器の状態量に対応する電気量データを用いて、動作中のデジタル形保護制御装置の動作確認試験を行なうことができるため、電力系統保護制御システムの信頼性および経済性をさらに向上させることができる。

【0331】なお、上述した第4～第8の実施形態において、電力系統保護制御システムは、保護制御対象となる電力系統の設備機器を2つとし、この2つの設備機器

の状態量を取り込んで上記2つの設備機器に対して保護制御動作を行なう2つのデジタル形保護制御装置を備えた例を示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、電力系統の複数の設備機器から状態量を取り込んで、その複数の設備機器それぞれに対する保護制御動作を行なう複数のデジタル形保護制御装置を備えた電力系統保護制御システムに対しても、本発明を適用可能である。

【0332】また、上述した第1～第8実施形態において、デジタル形保護制御装置の保護制御対象を電力系統としたが、本発明はこれに限定されるものではなく、一般産業プラントや上下水道システム等の公共プラントを制御対象としてもよい。

(第9の実施の形態) 本発明の第9の実施の形態に係わる電力系統保護制御システムを図31～図33に従って説明する。

【0333】本実施形態の電力系統保護制御システム230の機能ブロック構成を示す図である。

【0334】図31に示す電力系統保護制御システム230は、複数の電気所(本実施形態では、2つの変電所Ts1、Ts2とする)にそれぞれ設置され、各種の電力系統設備機器を有する電力系統231を保護制御するための複数のデジタル形保護制御装置(本実施形態では、2つの232a1、232a2とする)と、変電所Ts1、Ts2(デジタル形保護制御装置232a1、232a2)から遠方に配置された有人電気所(例えば有人変電所)Thに設けられ、各デジタル形保護制御装置232a1、232a2の運用状態を遠隔から監視制御するための表示操作装置233とを備えている。

【0335】そして、これらのデジタル形保護制御装置232a1、232a2および表示操作装置233を通信ネットワーク234を介してデータ送受信可能に相互接続し、さらに、保護制御機能に係わる遠隔監視制御用(例えば、電気量取得用、保護制御演算用)のデータおよびその処理手順が一体化(モジュール化)された移動可能なプログラムモジュール(エージェント型プログラムモジュール)235を通信ネットワーク234を介して各デジタル形保護制御装置232a1、232a2間、および各デジタル形保護制御装置232a1、232a2と表示操作装置233との間を巡回移動させるようにしてプログラムモジュール移動型の電力系統保護制御システム230を構築している。

【0336】デジタル形保護制御装置232a1は、上述した精密時刻として絶対時刻を検出するためにGPS受信手段240を備えている。このGPS受信手段240は、分子振動の振動周期が一定である原子時計が搭載された4個以上の人工衛星Lからそれぞれ送信されたGPS信号をGPS受信アンテナ240aを介して受信して解読し、GPSアンテナ50aの3次元位置を求

め、求められた3次元位置に基づいて時間のズレを補正することにより正確な絶対時刻 t (例えば上記100nsの精度を有する各時刻タイミングを表す周期信号と、各時刻タイミングの時刻を表す時刻データとを含む)を測定するようになっている。

【0337】また、デジタル形保護制御装置232a1は、GPS受信手段240により測定された絶対時刻 t に応じて電力系統231の所定の設備機器(例えば送電線R)から電気量(例えばU相、V相、W相の各電流量、電圧量)を取得(サンプリング)してデジタル形の電気量データ{電気量データDi1; $i=1, 2, \dots, k$ }に変換するデータ取得手段241と、通信ネットワーク234を介して自デジタル形保護制御装置に送信された遠隔監視制御用のプログラムモジュール235やデータを受信する(ダウンロードする)受信手段242と、受信手段242に受信されたプログラムモジュール235を実行することにより、データ取得手段241により取得された電気量データDi1にそのサンプリング時の絶対時刻 t を付加して絶対時刻付きの電気量データDi1(t)として後述する記憶手段に記憶する処理、およびデータ取得手段241により取得された電気量データDi1(t)に基づいて保護制御演算処理(例えば、プログラムモジュール235の複数のリレー要素ソフトウェア(距離リレー方式、過電流・電圧方式等)および整定値に基づく事故検出用演算処理)を行ない、上記保護制御演算結果に応じて遮断器等の外部機器に対して引外し指令(トリップ指令)や投入指令等の保護制御動作指令を出力する処理をそれぞれ行なうプログラムモジュール実行手段243とを備えている。

【0338】さらに、デジタル形保護制御装置232a1は、プログラムモジュール実行手段243の処理により得られた絶対時刻付きの電気量データDi1(t)および保護制御演算結果を記憶する記憶手段244と、この記憶手段244に記憶されたデータをプログラムモジュール235に一体化し、そのプログラムモジュール235を例えばプログラムモジュール235に予め規定された移動経路に沿って他のデジタル形保護制御装置(装置232a2)あるいは表示操作装置233へ通信ネットワーク234を介して送信するとともに、記憶手段244に記憶されたデータを他のデジタル形保護制御装置(装置232a2)あるいは表示操作装置233へ通信ネットワーク234を介して送信する送信手段245とを備えている。

【0339】なお、デジタル形保護制御装置232a2は、取得される電気量データがDi2、Di2(t)で表される以外は、デジタル形保護制御装置232a1の機能ブロック構成と同等である。

【0340】本実施形態では、電力系統231の状態量を表す電気量データは、各デジタル形保護制御装置232a1、232a2のデータ取得手段241により絶

対時刻 t 毎に同一のタイミングで収集され、その収集時の絶対時刻 t が付加されて記憶手段244に記憶される。

【0341】したがって、遠隔地の複数の変電所 $Ts1$ 、 $Ts2$ にそれぞれ設けられたデジタル形保護制御装置232a1、232a2間で通信ネットワーク234経由で同一時刻に収集された(同期した)電気量データ $Di1(t)$ 、 $Di2(t)$ を送受信するか、あるいは電気量データ $Di1(t)$ 、 $Di2(t)$ を表示操作装置233へ送信することにより、同期化された電気量データ $Di1(t)$ 、 $Di2(t)$ に基づいて異常検出や故障原因追求を行うことが可能となる。

【0342】ここで、故障原因追及の一例として事故点

$$X = (VA - VB + L \cdot Z \cdot IB) / \{Z \cdot (IA + IB)\} \quad \dots\dots (7)$$

★が成立する。ここで、 Z 、 IA 、 IB 、 VA 、 VB は複素量であるため、電気量相互の位相関係が問題となる。

【0345】本実施形態では、取得された電気量データに絶対時刻が付加されているため、送電線端Aを保護制御対象とするデジタル形保護制御装置232a1、および送電線端Bを保護制御対象とするデジタル形保護制御装置232a2でそれぞれ取得された事故発生前後の同一時刻の電気量を用いることで、各々位相関係が保持された IA 、 IB 、 VA 、 VB を得ることができる。 Z は送電線定数(測距インピーダンス)であり、(7)式により事故点の位置 X が求められる。

【0346】一方、表示操作装置233は、遠隔監視制御用のプログラムモジュール235として、例えば電気量取得・記憶用の第1のプログラムモジュール235A、保護制御演算用の第2のプログラムモジュール235Bを保持するプログラムモジュール保持手段250と、このプログラムモジュール保持手段250に保持された第1のプログラムモジュール235Aおよび第2のプログラムモジュール235Bを通信ネットワーク234へ送信し、通信ネットワーク234を介して送信されてきた第1および第2のプログラムモジュール235Aおよび235Bを受信するとともに、デジタル形保護制御装置232a1および232a2から送られたデータを受信する送受信手段251と、この送受信手段251により受信された第2のプログラムモジュール235Bおよびその第2のプログラムモジュール235Bに含まれるデータに基づいて、例えば上記(7)式に示した事故点標定処理を含む保護制御演算処理を行なう保護制御演算手段252と、この保護制御演算手段252の保護制御演算処理により得られた例えば事故点標定結果等の保護制御演算結果を表示するための演算結果表示手段253とを備えている。図32は、本実施形態の電力系統保護制御システム230を構成するデジタル形保護制御装置232a1および表示操作装置233の各機能ブロックの処理を具体的に実現するためのハードウェア

評価の例を説明する。

【0343】例えば、デジタル形保護制御装置232a1の保護制御対象(例えば送電線R)に係わる電気量取得箇所が送電線端R Aであり、デジタル形保護制御装置232a2の保護制御対象(送電線R)に係わる電気量取得箇所が送電線端R Bとし、それら送電線端R A、R Bの電気量(電圧、電流)を、それぞれ電圧 V_A 、 V_B 、それぞれ電流 I_A 、 I_B とする。送電線路Rのインピーダンスを Z とし、端R Aと端R Bの距離を L とする。端R Aと端R Bの間で地絡事故が発生した場合、端R Aから事故点までの距離を X とすると、

【0344】

【数7】

構成を示す図である。なお、デジタル形保護制御装置232a1のハードウェア構成において、前掲図60に示したデジタル形保護制御装置1のハードウェアの各構成要素と略同等の構成要素については、同一の符号を付してその説明を省略または簡略化する。

【0347】図32に示すデジタル形保護制御装置232a1は、同一変電所 $Ts1$ 内の他の装置に対してトランシーバ255およびイーサネットLAN256を介してデータ送受信可能に相互接続されており、また、変電所 $Ts1$ 内のローカルな範囲を接続するイーサネットLAN256は、トランシーバ255およびルータ257を介して電話回線網等の広域ネットワーク258に接続されている。

【0348】デジタル形保護制御装置232a1は、電力系統231におけるデジタル形保護制御装置232a1の保護制御対象となる設備機器(例えば送電線R)からセンサ等を介して電圧、電流等の電気量を取り込んでデジタル形の電気量データ $Di1$ に変換するアナログデジタル変換部2(アナログフィルタ、サンプリングホールド回路、マルチプレクサおよびA/D変換器)2と、デジタル演算処理部3と、入出力インタフェース(I/O)4と、バス5と、LED表示器14と、GPS受信アンテナ115aを介して受信したGPS信号に基づいて絶対時刻 t を計測してデジタル演算部3に送るGPS受信部260と、イーサネットLAN256とデジタル演算処理部3との間のデータ入出力に関するインタフェース処理を行なうためにイーサネットLAN256のトランシーバ255とバス5に接続された通信インタフェース261とを備えている。

【0349】デジタル演算部3は、表示操作装置233から送信されたプログラムモジュール235やデータを受信する処理、受信されたプログラムモジュール235を解釈して上述した電気量データ収集処理、絶対時刻付加処理および保護制御演算処理を実行し、その実行結果に応じて保護制御動作指令C1を入出力インタフェース4を介して電力系統231における遮断器に送る処

理、およびプログラムモジュール235や後述するRAM266に記憶されたデータを通信インタフェース261へ送信する処理を行なうCPU265と、プログラムモジュール235、絶対時刻 t が付加された電気量データおよびCPU265の処理時のデータ等を読み出し自在に保存するためのRAM266と、デジタル演算部全体を管理するOS、およびネットワーク閲覧用ソフト（ブラウザ）および絶対時刻付加処理を含む処理の手順（プログラム）を保存するためのROM267と、リレー動作の整定値を記憶するEEPROM268とを備えている、なお、デジタル形保護制御装置232a2のハードウェア構成は、変換する電気量データ D_{i2} で表される以外は、デジタル形保護制御装置232a1のハードウェア構成と同等であるため、その説明を省略する。

【0350】また、表示操作装置233は、有人変電所Th内のローカルな範囲を接続するイーサネットLAN256にトランシーバ255を介して接続されており、この有人変電所Th内のイーサネットLAN256は、ルータ257およびトランシーバ255を介して広域ネットワーク258に接続されている。

【0351】すなわち、表示操作装置233は、広域ネットワーク258と表示操作装置233との間のプログラムモジュール235（第1および第2のプログラムモジュール235Aおよび235B）の送受信に関するインタフェース処理を行なう通信インタフェース270と、プログラムモジュール235（235A、235B）を保持するメモリ271と、このメモリ271に保持されたプログラムモジュール235（235Aおよび235B）を読み出して通信インタフェース270およびイーサネットLAN256等を介して広域ネットワーク258へ送信する処理、広域ネットワーク258からイーサネットLAN256を介して送信されてきたプログラムモジュール235（235Aおよび235B）を受信する処理、および第2のプログラムモジュール235Bを解釈してこの第2のプログラムモジュール235Bに付加されたデータに基づいて事故点標定処理等の保護制御演算処理を行なうCPU272と、このCPU272により得られた事故点標定結果等の保護制御演算結果を表示するためのモニタ273と、モニタ273およびCPU272と協調しながら遠隔運用監視用のデータを入力する入力部274とを備えている。

【0352】次に、本実施形態の電力系統保護制御システム230の全体動作として、例えば表示操作装置において事故点標定処理を行なう際の全体動作について説明する。

【0353】通常時においては、表示操作装置233のCPU272によりメモリ271から読み出され、CPU272の送信処理により通信インタフェース270およびイーサネットLAN256等を介して広域ネットワ

ーク258へ送信された電気量取得・記憶用の第1のプログラムモジュール235Aは、デジタル形保護制御装置232a1および232a2へそれぞれ送られ、各デジタル形保護制御装置232a1および232a2のCPU265の受信処理によりRAM266に記憶される。

【0354】一方、人工衛星Lから送信されたGPS信号に基づいて各装置232a1および232a2のGPS受信アンテナ240aおよびGPS受信部260を介して絶対時刻 t （ $t_1 \sim t_n$ ）が順次測定されており、測定された絶対時刻 t （ $t_1 \sim t_n$ ）は、各装置232a1および232a2のCPU265に順次送信される。

【0355】このとき、各装置232a1および232a2のCPU265は、GPS受信部260を介して順次送信されてきた絶対時刻 t （ $t_1 \sim t_n$ ）に基づいて全ての装置232a1および232a2で共通のデータ取得用サンプリング周期（例えば $1\mu s$ ）を設定することにより、装置232a1および232a2間のデータ取得タイミングの同期をとる。

【0356】次いで、各装置232a1および232a2のCPU265は、第1のプログラムモジュール235Aを実行することにより、設定したサンプリング周期に基づいて各アナログデジタル変換部2を介して電力系統231の送電線端RAおよびRBの電気量（電圧、電流）を順次サンプリングしてデジタル形の電気量データ D_{i1} 、 D_{i2} を収集し、収集した電気量データ D_{i1} 、 D_{i2} に対してサンプリング時の絶対時刻 t を付加して電気量データ D_{i1} （ $t_1 \sim t_n$ ）、 D_{i2} （ $t_1 \sim t_n$ ）としてRAM266にそれぞれ格納する（図33；ステップS30）。

【0357】続いて、各装置232a1および232a2のCPU265は、第1のプログラムモジュール235Aを実行することにより、収集した電気量データ D_{i1} 、 D_{i2} に基づいて保護制御演算を行ない（ステップS31）、収集した電気量データ D_{i1} 、 D_{i2} に異常値（異常データ）が含まれているか否かチェックする処理を行なっている（ステップS32）。

【0358】今、デジタル形保護制御装置232a1のCPU265により、電気量データ D_{i1} の中に異常データが検出されると（ステップS32の判断の結果YES）、デジタル形保護制御装置232a1のCPU265は、通信インタフェース261および広域ネットワーク258等を経由して表示操作装置233に異常データ検出情報とその異常データが検出された絶対時刻 t_k を送信する（ステップS33）。

【0359】このとき、表示操作装置233のCPU272は、広域ネットワーク258および通信インタフェース270等を介して送信されてきた異常データ検出情報および異常データ検出時刻 t_k に基づいて、その異常

データ検出時刻 t_k の前後の電気量データ(送電線端RA、RBの電圧・電流)を収集するための第2のプログラムモジュール235Bをメモリ271から読み出して通信インタフェース270および広域ネットワーク258等を介して、予め規定された移動経路(例えば、デジタル形保護制御装置232a1→デジタル形保護制御装置232a2→表示操作装置233)に沿って、デジタル形保護制御装置232a1へ送信する(ステップS34)。

【0360】デジタル形保護制御装置232a1のCPU265は、送信された第2のプログラムモジュール235Bを通信インタフェース261等を介してRAM266に保持し、この第2のプログラムモジュール235Bを実行してRAM266に格納されている異常発生時刻 t_k 前後の指定されたサイズの電気量データ $D_{i1}(t_k-s) \sim D_{i1}(t_k+s)$ を第2のプログラムモジュール235Bに付加して一体化する。そして、CPU265は、第2のプログラムモジュール235Bを通信インタフェース261および広域ネットワーク258を介して次の移動先(デジタル形保護制御装置232a2)へ送信する。

【0361】第2のデジタル形保護制御装置232a2でも同様に第2のプログラムモジュール235Bが実行され、異常発生時刻 t_k 前後の指定されたサイズの電気量データ $D_{i2}(t_k-s) \sim D_{i2}(t_k+s)$ が第2のプログラムモジュール235Bに付加される。

【0362】そして、CPU265は、第2のプログラムモジュール235Bを通信インタフェース261および広域ネットワーク258を介して次の移動先(表示操作装置233)へ送信する(ステップS35)。

【0363】表示操作装置233では、広域ネットワーク258を介して送信されてきた第2のプログラムモジュール235Bが通信インタフェース270等を介してCPU272に受信される。

【0364】このとき、表示操作装置233のCPU272は、第2のプログラムモジュール235B付加・一体化された保護制御対象である送電線Rに係わる送電線端RA、RBの異常発生時刻 t_k 前後の互いに同期した電気量データ(電圧、電流) $D_{i1}(t_k-s) \sim D_{i1}(t_k+s)$ および $D_{i2}(t_k-s) \sim D_{i2}(t_k+s)$ を第2のプログラムモジュール235Bから読み出し、読み出した電気量データ(電圧、電流) $D_{i1}(t_k-s) \sim D_{i1}(t_k+s)$ および $D_{i2}(t_k-s) \sim D_{i2}(t_k+s)$ と予め設定された送電線定数 Z とを用いて、第2のプログラムモジュール235Bに基づく上記(7)式の演算処理を行なう。

【0365】このとき、各デジタル形保護制御装置232a1および232a2で取得された電気量データ(電圧、電流) $D_{i1}(t_k-s) \sim D_{i1}(t_k+s)$ および $D_{i2}(t_k-s) \sim D_{i2}(t_k+s)$ は互いに同時

刻で収集された(同期化された)データであるため、各々(電圧・電流)の位相関係が保持されており、非常に正確な事故点評定、すなわち、事故点の位置 X を求めることができる(ステップS36)。

【0366】この標定した事故点の位置 X は、モニタ273を介して表示したり、メモリ271に記憶しておくことにより、各デジタル形保護制御装置232a1および232a2がいつでも利用することが可能になる。

【0367】また、表示操作装置233のCPU272は、第2のプログラムモジュール235Bから読み出した異常発生時刻 t_k 前後の互いに同期した電気量データ(電圧、電流) $D_{i1}(t_k-s) \sim D_{i1}(t_k+s)$ および $D_{i2}(t_k-s) \sim D_{i2}(t_k+s)$ をモニタ273に表示させることにより、表示操作者は、故障発生前後の電力系統231の系統状態を視認することができる。

【0368】以上述べたように、本実施形態によれば、離間配置された変電所 $Ts1$ および $Ts2$ にそれぞれ設けられたデジタル形保護制御装置232a1および232a2において、絶対時刻を利用することにより、装置232a1および232a2間を同期専用の信号線で接続することなく電力系統の状態量を表す電気量データを互いに同期して収集することができる。

【0369】したがって、同期化専用の信号線を複数のデジタル形保護制御装置間で相互接続した構成に比べて非常にシンプルな構成により、遠隔配置された全てのデジタル形保護制御装置間で電力系統状態量(電気量データ)を同期して収集し、収集した同期化電気量データに基づいて事故点標定処理等の保護制御演算処理を行うことができ、保護制御演算処理の精度を向上させ、電力系統保護制御システムの信頼性を向上させることができる。

(第10の実施の形態)本発明の第10の実施の形態に係わる電力系統保護制御システムを図34および図35に従って説明する。なお、図34においては、図面を分かりやすくするため、デジタル形保護制御装置232a2を省略している。

【0370】図34に示すデジタル形保護制御装置232a1のデータ取得手段241Aは、GPS受信手段240Aにより測定された絶対時刻 t に関係なく独自のサンプリングタイミングで電気をサンプリングして電気量データ D_{i1} に変換するとともに、そのサンプリングタイミングをGPS受信手段240Aに送信するようになっている。

【0371】デジタル形保護制御装置232a1のGPS受信手段240Aは、GPS受信アンテナ240aを介して受信されたGPS信号に基づいて正確な絶対時刻 t (100nsの精度を有する各時刻タイミングを表す周期信号および各時刻タイミングの時刻を表す時刻データ)を測定するGPS受信部260と、データ取得手

段241Aから送信されたサンプリングタイミングとGPS受信部260により測定された絶対時刻 t の時刻タイミングとのタイミングずれ量を計測するサンプリングタイミング計測手段276とを備えており、プログラムモジュール実行手段243Aは、データ取得手段241Aにより取得された電気量データ D_{i1} と、GPS受信部260により測定された絶対時刻 t を構成する各時刻タイミング(周期信号)および時刻データと、サンプリングタイミング計測手段276により計測されたタイミングずれ量とを記憶手段244に記憶するようになっている。

【0372】なお、本実施形態のその他の機能ブロック構成、および各機能ブロック構成を具体的に実現するためのハードウェア構成については、第9実施形態の図31および図32と略同等であるため、その説明は省略する。

【0373】本実施形態によれば、他のデジタル形保護制御装置232a2から通信ネットワーク234を介して、例えば絶対時刻 t_c の電気量データ D_{i1} の送信要求(精度も含む)がデジタル形保護制御装置232a1に対して送られた場合、デジタル形保護制御装置232a1のプログラムモジュール実行手段243Aは、上記電気量データ送信要求の要求精度が基準精度よりも低い場合、すなわち、他保護制御装置232a2において保護制御装置232a1で収集された電気量データを表示するための要求等のサンプリング精度が比較的低くてもよい場合で、かつサンプリングタイミング計測手段276から送信されたタイミングずれ量 t_j がデータ収集のサンプリング間隔 TS の50%以下の際に($t_j \leq TS/2$)、絶対時刻 t_c の時刻タイミング(t_cT)の直前のサンプリングタイミング $S(t_cT-)$ で収集された電気量データ $D_{i1}(t_cT-)$ に対して上記時刻

電気量データ $D_{out}(t_c)$

$$= D_{i1}(t_cT-) \cdot (1 - tS) / TS + D_{i1}(t_cT+) \cdot tS / TS$$

..... (8)

★のように表される(図35(A)および図35(B)参照)。

【0377】以下の処理については、第9実施形態で説明した処理と略同様であるため、その説明を省略する。

【0378】以上述べたように、本実施形態によれば、データ取得手段により独自のサンプリングタイミングで電気量データを収集しても、そのサンプリングタイミングおよび絶対時刻の時刻タイミングのずれ量に基づいて電気量データを絶対時刻に対応付けることができる。

【0379】したがって、独自のサンプリングタイミングで収集した電気量データを絶対時刻付きの電気量データとして他保護制御装置へ送信することができる。この結果、同一の絶対時刻に基づく同期化された電気量デー

タタイミングにおける絶対時刻 t_c を付加し、 $D_{i1}(t_c)$ として送信手段245および通信ネットワーク234を介して他保護制御装置232a2に対して送信し(図35(A)参照)、また、タイミングずれ量 t_j がデータ収集のサンプリング間隔 TS の50%を越えた際に($t_j > TS/2$)、絶対時刻 t_c の時刻タイミング(t_cT)の直後のサンプリングタイミング $S(t_cT+)$ で収集された電気量データ $D_{i1}(t_cT+)$ に対して上記時刻タイミングにおける絶対時刻 t_c を付加し、 $D_{i1}(t_c)$ として送信手段245および通信ネットワーク234を介して他保護制御装置232a2へ送信するようになっている(図35(B)参照)。

【0374】一方、電気量データ送信要求の要求精度が上記基準精度よりも高い場合、すなわち、上記異常データ検出における電気量データ送信要求等の非常に高いサンプリング精度が要求された場合においては、絶対時刻 t_c の時刻タイミング(t_cT)の直前および直後のサンプリングタイミング $S(t_cT-)$ およびサンプリングタイミング $S(t_cT+)$ において収集された電気量データ $D_{i1}(t_cT-)$ および電気量データ $D_{i1}(t_cT+)$ を用いて補間処理を行なって、絶対時刻 t_c に対応する補間電気量データ D_{out} を生成し、生成した補間電気量データ D_{out} に対して絶対時刻 t_c を付加し、 $D_{out}(t_c)$ として送信手段245および通信ネットワーク234を介して他保護制御装置232a2へ送信するようになっている。

【0375】このとき、サンプリング間隔を TS およびタイミングずれ量 t_j とすると、他保護制御装置232a2へ送信される電気量データ $D_{out}(t_c)$ は、

【0376】

【数8】

タに基づいて事故点標定処理等の保護制御演算処理を行うことができ、保護制御演算処理精度および電力系統保護制御システムの信頼性を向上させることができる。

(第11の実施の形態) 本発明の第11の実施の形態に係わる電力系統保護制御システムを図32に従って説明する。

【0380】本実施形態においては、変電所 T_{s2} の保護制御装置232a2は、既に起動されて正常に動作しており、この保護制御装置232a2の起動状態において、今まで動作停止していた変電所 T_{s1} の保護制御装置232a1を起動させた際に、GPS受信部260の設定がクリア(例えば、RAM基板やROM基板の交換等)されている状態について説明する。

【0381】保護制御装置232a1のGPS受信部260が時刻タイミングを出力するためには、(1)GPS信号を人工衛星Lから受信していること、および、(2)変電所Ts1のGPS受信部240のGPS受信アンテナ240aの3次元位置が求められていることが必要である。(1)のGPS信号は一定時間間隔で人工衛星Lから送信され、地球上の全ての保護制御装置で共通であるが、人工衛星Lから新規にGPS信号を取得するためには、最低約12.5分が必要である。

【0382】また、(2)のGPS受信アンテナ240aの3次元位置は各保護制御装置毎(変電所毎にGPS受信アンテナ240aが設置されている場合には変電所毎)で異なっているため、例えば保護制御装置232a1のGPS受信部260のGPS受信アンテナ240aが特殊な地形(例えば谷部等)に設置されて4個以上の人工衛星を捕捉できないと仮定すると、GPSアンテナ240aの3次元位置を求めて補正処理を行なうことに時間がかかり、迅速に時刻タイミング(絶対時刻)を計測することが難しくなる。

【0383】そこで、本実施形態では、保護制御装置232a1のEEPROM268には、適当な算出方法を用いて予め算出された自保護制御装置232a1のGPS受信アンテナ240aの3次元位置(初期位置)が予め記憶されている。保護制御装置232a1の受信アンテナ240aの初期位置の算出方法の一例として、例えば日本国内であれば建設省国土地理院発行の地形図を使用すれば、上記GPS受信アンテナ240aの3次元位置を数百メートルの誤差で求めることができ、この3次元位置をEEPROM268に記憶しておくことにより、保護制御装置232a1のGPS受信部232a1は、1μ程度の精度を有する絶対時刻t(時刻タイミング)を測定することができる。

【0384】すなわち、本実施形態によれば、起動された保護制御装置232a1のCPU265は、広域ネットワーク258等を介して保護制御装置232a2に対してGPS信号の提供を要求し、保護制御装置232a2のCPU265は、GPS信号要求に応じて、保護制御装置232a2のGPS受信部260で受信されたGPS信号をデータ(GPSデータ;約15000バイト)として広域ネットワーク258等を介して保護制御装置232a1のCPU265に送信する。

【0385】保護制御装置232a1のCPU265は、広域ネットワーク258等を介して送信されてきたGPSデータを受信し、受信したGPSデータをGPS受信部260に送信する。なお、GPSデータは約15000バイトの容量を有しているが、広域ネットワーク経由であるため1秒程度で高速に保護制御装置232a1に対して受信される。

【0386】このとき、保護制御装置232a1のCPU265は、EEPROM268に記憶された自放射線

治療計画装置232a1のGPS受信アンテナ240aの3次元位置を読み出し、読み出した3次元位置をGPSデータと共にGPS受信部260に供給する。

【0387】この結果、GPS受信部260は、供給された3次元位置およびGPSデータに基づいて1μs程度の精密時刻(時刻タイミング)を求めて、上記GPS信号要求から僅か数秒以内に精密時刻(時刻タイミング)をCPU265に対して出力することができる。

【0388】したがって、保護制御装置232a1のGPS受信部260がクリアされていても、そのGPS受信部260から迅速に高精度(約1μs)の精密時刻(時刻タイミング)を出力することができるため、電力系統保護制御システムの信頼性をさらに向上させることができる。

【0389】ところで、本実施形態における保護制御装置232a1のGPS受信アンテナ240aが見晴らしの良い場所に設置されており、GPS受信部260が同時に4個以上の人工衛星Lを捕捉することが可能であれば、GPS受信部260は、GPS受信アンテナ240aの3次元位置を、上記4個以上の人工衛星Lから同時に送られたGPS信号に基づいて非常に高精度に計測することができる。このとき、CPU265は、GPS受信部260により計測されたGPS受信アンテナ240aの3次元位置をEEPROM268に記憶するようになっている。

【0390】このように構成すれば、EEPROM268にGPS受信アンテナ240aの3次元位置を記憶してから、何らかの理由によりGPS受信部260がクリアされても、GPS受信部260は、EEPROM268に記憶された高精度の3次元位置を読み出し、この3次元位置と4個以上の人工衛星Lから同時に送られたGPS信号とを用いることにより、迅速に高精度(約100ns)の絶対時刻(時刻タイミング)を出力することができるため、電力系統保護制御システムの信頼性をさらに向上させることができる。

【0391】なお、上述したGPS受信アンテナの3次元位置をEEPROMに対して記憶しておくことは、他の全ての実施形態において適用可能であり、上述した電力系統保護制御システム(制御システム)の信頼性の向上に寄与することができる。

(第12の実施の形態)本発明の第12の実施の形態に係わる電力系統保護制御システム280の機能ブロック構成を図36に示す。

【0392】図36に示す電力系統保護制御システム280のデジタル形保護制御装置232a1(232a2)は、表示操作装置233から送信された送電線数値を測定するための第3のプログラムモジュール235Cを実行することにより、自保護制御装置232a1(232a2)において電力系統231から収集された電気量データD_{i1}(t)(D_{i2}(t))と他の保護制御

装置232a2(232a1)により電力系統231から収集された $D_{i2}(t)$ ($D_{i1}(t)$)とを用いて、電力系統の回線正常時における送電線定数を測定する送電線定数測定手段281と、この送電線定数測定手段281により測定された送電線定数を記憶する送電線定数記憶手段282とを備えており、各デジタル形保護制御装置232a1、232a2のプログラムモジュール実行手段243は、第1のプログラムモジュール235Aを実行することにより、送電線定数記憶手段282に記憶された送電線定数に基づいて上記回線正常時の最適な測距インピーダンスを算出し、この最適測距インピーダンスと実際の電流値、電圧値により算出された測距インピーダンスとを比較することにより、異常データ検出処理、すなわち、事故検出処理を行なうようになっている。

【0393】また、表示操作装置233のプログラムモジュール保持手段250は、第1、第2のプログラムモジュール235A、235Bに加えて、送電線定数測定用の第3のプログラムモジュール235Cをメモリ271に保持するようになっており、送受信手段251は、第1～第3のプログラムモジュール235A～235Cを通信ネットワーク234へ送信し、通信ネットワーク234を介して送信されてきた第1～第3のプログラムモジュール235A～235Cを受信するとともに、デジタル形保護制御装置232a1および232a2から送られたデータを受信するようになっている。

【0394】なお、本実施形態のその他の機能ブロック構成、および各機能ブロック構成を具体的に実現するためのハードウェア構成については、第9実施形態の図31および図32と略同等であるため、その説明は省略する。

【0395】本実施形態によれば、電力系統の回線の正常時において、表示操作装置233のCPU272によりメモリ271から第3のプログラムモジュール235Cが読み出され、この第3のプログラムモジュール235Cは、CPU272の送信処理によりイーサネットLAN256および広域ネットワーク258等を介してデジタル形保護制御装置232a1に送られる。

【0396】デジタル形保護制御装置232a1のCPU265は、送られた第3のプログラムモジュール235Cを受信してRAM266に保持した後、この第3のプログラムモジュール235Cを実行することにより、CPU265内部のバッファに一時的に保持された自装置232a1の保護制御対象である送電線端RAの絶対時刻付きのデジタル形の電気量データ $D_{i1}(t_1 \sim t_n)$ を収集してRAM266に格納する(図37;ステップS40)。

【0397】次いで、装置232a1のCPU265は、第3のプログラムモジュール235Cに含まれる他

装置232a2電気量データ取得用のサブプログラムモジュール235CSUBを第3のプログラムモジュール235Cから取り出し、このサブプログラムモジュール235CSUBに対して送電線定数測定に必要な上記電気量データ $D_{i1}(t_1 \sim t_n)$ の収集時刻における所定の時刻 t_m ($t_1 < t_m < t_n$)を付加して広域ネットワーク258等を介して他装置232a2に送信する(ステップS41)。

【0398】他装置232a2のCPU265は、送信されたサブプログラムモジュール235CSUBを受信して実行することにより、CPU265の内部のバッファに一時的に保持された装置232a2の保護制御対象である送電線端RBの絶対時刻付きのデジタル形の電気量データ $D_{i2}(t_m)$ を収集してRAM266に格納するとともに、この電気量データ $D_{i2}(t_m)$ をサブプログラムモジュール235CSUBに付加して広域ネットワーク258等を介してデジタル形保護制御装置232a1(サブプログラムモジュールCSUB送信元)に返送する(ステップS42)。

【0399】このとき、デジタル形保護制御装置232a1のCPU265は、収集した自装置232a1の所定時刻 t_m の電気量データ $D_{i1}(t_m)$ と、同時刻 t_m に収集された(同期化された)他装置232a2の電気量データ $D_{i2}(t_m)$ に基づいて、例えば後述する公知の演算方法を用いることにより、送電線定数を算出してRAM266に記憶する(ステップS43)。

【0400】ここで、送電線定数の演算方法の一例について説明する。

【0401】送電線定数は、例えば特開平6-242158に開示された演算方法で求めることができる。例えば、送電線端RAで測定されたU相、V相、W相の電圧を V_{AU} 、 V_{AV} 、 V_{AW} とし、送電線端RBで測定されたU相、V相、W相の電圧を V_{BU} 、 V_{BV} 、 V_{BW} とし、送電線端RAと端RB間に流れるU相、V相、W相の電流を I_U 、 I_V 、 I_W とする。各々の値は複素量であり、相互の位相が重要であるが、広域ネットワーク258を介してやりとりされる電気量データ $D_{i1}(t_m)$ 、電気量データ $D_{i2}(t_m)$ には精密に測定された時刻データが付加されているので、相互の位相は保持されている。

【0402】このとき、U相、V相、W相の各々の送電線自己インピーダンスを Z_{UU} 、 Z_{VV} 、 Z_{WW} 、U相送電線のV相およびW相との相互インピーダンスを Z_{UV} 、 Z_{UW} 、V相送電線のU相およびW相との相互インピーダンスを Z_{VU} 、 Z_{VW} 、W相送電線のU相およびV相との相互インピーダンスを Z_{WU} 、 Z_{WV} とすると、(9)式が成立する。

【0403】

【数9】

$$\begin{bmatrix} V_{AU}-V_{BU} \\ V_{AV}-V_{BV} \\ V_{AW}-V_{BW} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{UU} & Z_{UV} & Z_{UW} \\ Z_{VU} & Z_{VV} & Z_{VW} \\ Z_{WU} & Z_{WV} & Z_{WW} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_U \\ I_V \\ I_W \end{bmatrix} \quad \cdots (9)$$

★●したがって、CPU265は、互いに同期して位相関係が保持された電気量データDi1 (tm) {V_{AU}、V_{AV}、V_{AW}、I_U、I_V、I_W}および電気量データDi2 (tm) {V_{BU}、V_{BV}、V_{BW}}を用いて(9)式を解くことにより、送電線定数、すなわち自己インピーダンスと相互インピーダンス(Z_{UU}、Z_{VV}、Z_{WW}、Z_{UV}、Z_{UW}、Z_{VU}、Z_{VW}、Z_{WU}、Z_{WV})を求める。

【0404】なお、(9)式は、簡略化した式であり、送電線の漏れ電流成分を考慮していないが、送電線をπ型等価回路でモデル化し、送電線端R Aおよび端R Bの各相の電流を各々測定し、負荷条件の異なる3回以上の測定を行なうことによって厳密な送電線定数を求めることができる。

【0405】一方、送電線端R Aにおける測距インピーダンスは以下になる。例えば短絡距離リレー方式に基づくリレー要素ソフトウェアを実行するデジタル形保護制御装置においては、例えば、UV相用の測距インピーダンスZ_{AUV}は、

【0406】

【数10】

$$Z_{AUV} = (V_{AU}-V_{AV}) / (I_{AU}-I_{AV}) \quad \cdots (10)$$

★で求められる。ここでI_{AU}、I_{AV}は送電線端R AにおけるU相およびV相の電流である。

【0407】上記(10)式によれば、UV相間で短絡事故が発生した場合、送電線端R AにおけるU相およびV相の電圧および電流、すなわち、デジタル形保護制御装置232a1で収集される電気量データDi1 (t1～tn)が変化してUV相間の測距インピーダンスZ_{AU}も変化する。

【0408】このとき、装置232a1のCPU265は、RAM266に記憶された送電線定数を用いて正常時の測距インピーダンス(基準測距インピーダンスZ_{TH})を求めて(ステップS44)、この基準測距インピーダンスZ_{TH}と測定された測距インピーダンスZ_{AU}とを比較することにより、事故検出処理を行なうことができる。

【0409】一方、デジタル形保護制御装置232a2も、第3のプログラムモジュール235C3に基づいて、自装置232a2で収集された電気量データDi2 (t)および他装置(232a1)で同一時刻に収集された電気量データDi1 (t)を用いて同様の事故検出処理を行なうことができる(ステップS45)。

【0410】そして、デジタル形保護制御装置232a1、232a2は、上述した自装置・他装置の同期化

した電気量データ収集処理、送電線定数測定処理、基準測距インピーダンス算出処理、および基準測距インピーダンスと実際の測距インピーダンスとの比較処理を、定期的に行なうことにより(ステップS46)、常時最適な基準測距インピーダンスを用いて保護制御演算処理(事故判定処理)を行なうことができる。

【0411】以上述べたように、本実施形態によれば、机上計算により求められた固定された送電線定数を用いることなく、リアルタイムで変動する実際の電力系統から求められた送電線定数を用いることにより、事故検出処理等の保護制御演算処理を行なうことができるため、事故検出精度を向上させて電力系統保護制御システムの信頼性を高めることができる。

【0412】また、本実施形態では、保護制御装置とは別個の演算装置やメモリ等から構成された送電線定数測定用の測定装置を用いることなく、上述した実際の電力系統に基づく送電線定数を測定することができるため、従来の電力系統保護制御システムに比べてコストを低減させることができる。さらに、測定装置の設置作業等を行なうことなく、保護制御演算処理を実行しながら定期的あるいは随時送電線定数を測定することができるため、常に実際の電力系統に即した送電線定数を求めることができる。

【0413】一方、本実施形態では、算出した送電線定数を表示操作装置233に対して送信することにより、表示操作装置233における上述した事故点標定処理においても、上記実際の電力系統の変動に対応する送電線定数を用いることができるため、事故点標定精度も向上させることができる。

【0414】また、本実施形態では、実際の電力系統の変動に対応する送電線定数を求めることができるため、距離リレー方式に基づくリレー要素ソフトウェアを実行する際に行なわれる各相電流の零相補償を高い精度で行なうことができる。

(第13の実施の形態)本実施形態に係わる電力系統保護制御システム230Aの機能ブロック構成、および各機能ブロック構成の処理を具体的に実現するためのハードウェア構成については、第9実施形態の図31および図32と略同等であるため、その説明は省略する。

【0415】本実施形態において、各デジタル形保護制御装置232a1、232a2のCPU265は、RAM266にそれぞれ格納される絶対時刻付きの電気量データDi1 (t1～tn)、Di2 (t1～tn)を所定の時間Tm以上保持し、Tmを経過した場合には、

上記Di1 (t1 ~ tn)、Di2 (t1 ~ tn)が記憶されたRAM266の領域に新たに収集された絶対時刻付きの電気量データDi1 (tn+1 ~ tn+m)、Di2 (tn+1 ~ tn+m)が上書きされてDi1 (t1 ~ tn)、Di2 (t1 ~ tn)は破棄(消去)されるようになっている。第1実施形態で述べたように、電力系統231に故障が発生した場合、故障を検出した保護制御装置(例えば232a1)から表示操作装置233および他の保護制御装置(232a2)に故障が通知(異常データ送信)される。このとき表示操作装置233では故障解析のため故障発生前後の電気量データを収集するための第2のプログラムモジュール235Bを送信する。

【0416】故障発生から故障を検出した保護制御装置232a1が故障発生通知を広域ネットワーク258に出力するまでの時間をT1、広域ネットワーク258およびイーサネットLAN256等の通信部を介して故障を検出した保護制御装置232a1から表示操作装置2

$$T_m > (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_s) \quad \cdots (11)$$

★であれば、故障検出時刻tkより前にRAM266に格納された解析に必要な電気量データDi1 (tk-s)は、次の電気量データがRAM266の上記電気量データDi1 (tk-s)が格納された領域に上書きされる前に、CPU265の処理によりRAM266から読み出されてプログラムモジュール235Bに付加され、表示操作装置233に送信される。この結果、第9実施形態で述べたように、表示操作装置233で故障発生前後の電力系統の状態を表示し、また、事故点標定処理等の故障解析処理を行なうことができる。

【0418】すなわち、本実施形態によれば、各デジタル形保護制御装置232a1、232a2のRAM266に格納された絶対時刻付きの電気量データを消去せずに残しておくのではなく、表示操作装置233が故障発生時刻前後の電気量データを受信することができる分だけRAM266に保持しておき、それ以外、すなわち、表示操作装置233において解析処理に使用される可能性の無い電気量データは、新しく収集された絶対時刻付きの電気量データを上書きすることにより、消去することができる。

【0419】したがって、RAM266の絶対時刻付きの電気量データに割り当てられた記憶容量(空き容量)を低減することができ、RAM266の利用効率およびCPU265の処理速度を向上させることができる。

(第14の実施の形態)本発明の第14の実施の形態に係わる電力系統保護制御システム285の機能ブロック構成を図38に示す。

【0420】図38によれば、電力系統保護制御システム285のデジタル形保護制御装置232a1、232a2は、電力系統231から収集された電気量データDi1、Di2に基づいて、電力、無効電力、電流など

33に故障発生通知が伝送される時間をT2、表示操作装置233が故障発生通知を受け取り、保護制御装置232a1に第2のプログラムモジュール235Bを送信するまでの時間をT3、広域ネットワーク258およびイーサネットLAN256等の通信部を経由して表示操作装置233から保護制御装置232a1にプログラムモジュール235Bが伝送されるまでの時間をT4、保護制御装置232a1でプログラムモジュール235Bを受信してから故障解析に必要なデータ(異常発生時刻(故障発生時刻tk前後の指定されたサイズの電気量データ)をプログラムモジュール235Bに付加して送信するまでの時間をT5とする。故障解析に必要なデータにおける故障検出時前にRAM266に記憶された電気量データDi1 (tk-s)に相当する時間をTsとすると、デジタル形保護制御装置232a1がデータを保持できる時間Tmが

【0417】

【数11】

の潮流情報を例えば一定の周期で計算する潮流情報を計算する潮流情報計算手段286を備えており、この潮流情報計算手段286は、計算された潮流情報Fに、その潮流情報Fの元となる電気量データDi1、Di2の収集時刻(例えば、ta、ta+TF(TFは、潮流情報の計算周期)、…)を付加して収集時刻付きの電力系統231の潮流情報F(ta)、F(ta+TF)、…として通信ネットワーク234を介して表示操作装置233へそれぞれ送信するようになっている。

【0421】また、表示操作装置233の送受信手段251は、各デジタル形保護制御装置232a1、232a2から通信ネットワーク234を介して一定周期TF毎に送信されてきた潮流情報F(ta)、F(ta+TF)、…を受信するようになっている。

【0422】そして、表示操作装置233は、送受信手段251により受信された複数の装置232a1、232a2で計算された複数の潮流情報F(ta)、F(ta+TF)、…に基づいて電力系統231の安定状態を判定する安定状態判定手段287を備えている。

【0423】なお、本実施形態のその他の機能ブロック構成、および各機能ブロック構成を具体的に実現するためのハードウェア構成については、第9実施形態の図31および図32と略同等であるため、その説明は省略する。

【0424】すなわち、本実施形態によれば、表示操作装置233のCPU272は、各デジタル形保護制御装置232a1、232a2のCPU265の潮流情報計算処理および送信処理により広域ネットワーク258等を介して一定周期TF毎に送信されてきた潮流情報F(ta)、F(ta+TF)、…を順次受信し、受信した複数の装置2a1、2a2の潮流情報F(ta)、F

($t_a + TF$)、…に基づいて電力系統231の状態が安定か否か(正常か否か)を判定する。

【0425】例えば、表示操作装置233のCPU272は、送信されてきた複数の装置232a1、232a2の潮流情報 $F(t_a)$ 、 $F(t_a + TF)$ 、…の値(電力、無効電力、電流等の値)が何れも予め設定された安定範囲内であれば、電力系統231は安定状態(正常)と判定し、安定範囲外であれば、電力系統231は不安定状態(異常発生状態)と判定する。

【0426】すなわち、本実施形態によれば、複数のデジタル形保護制御装置で取得された互いに同期した(位相関係が保持された)電気量データを用いて極めて正確な潮流情報を生成することができ、この潮流情報に基づいて電力系統の安定状態を判定することができる。

【0427】したがって、電力系統の安定状態判定精度を従来よりも高めることができ、電力系統保護制御システムの信頼性を向上させることができる。

(第15の実施の形態)本実施形態に係わる電力系統保護制御システム290の機能ブロック構成については、第9実施形態の図31と略同等であるため、その説明を省略する。

【0428】図39は、図31に示された本実施形態の電力系統保護制御システム290の各機能ブロックを具体的に実現するためのハードウェア構成を示す図である。

【0429】図39によれば、デジタル演算部3Aは、電気量データ収集処理、絶対時刻付加処理、保護制御演算処理および潮流計算処理を専用に行なう第1のCPU265A1と、この第1のCPU265A1とは別個に、表示操作装置233から広域ネットワーク258等を介して送信されたプログラムモジュール235やデータを受信する処理、受信されたプログラムモジュール235を解釈する処理およびプログラムモジュール235やRAM266に記憶されたデータを通信インタフェース261を介して広域ネットワーク258へ送信する処理を専用に行なう第2のCPU265A2とを備えており、バス5、RAM266、ROM267、および通信インタフェース261等は第1および第2のCPU265A1および265A2が共有するようになっている。

【0430】すなわち、第2のCPU265A2は、通信インタフェース261を介して広域ネットワーク258とのインタフェース処理(プログラムモジュール送受信処理等)、プログラムモジュール235の解釈処理、解釈結果に基づく第1のCPU265A1に対する動作指令出力処理、表示操作装置233の操作状況把握処理および表示操作装置233や他装置に対する指令出力処理等、電力系統保護制御機能に係わる処理以外のプログラムモジュール移動型システム特有の処理を主に行なうようになっており、電力系統保護制御機能に係わる処理

(電気量データ収集処理、保護制御演算処理等)は、第1のCPU265A1に専用に行なわせている。

【0431】第2のCPU265A2が第1のプログラムモジュール235Aを受信および実行して共有するRAM266を介して第1のCPU265A1に電気量データ収集要求を出し、その収集要求に応じて第1のCPU265A1が絶対時刻付きの電気量データDi1($t_1 \sim t_n$)、Di2($t_1 \sim t_n$)を収集してRAM266にそれぞれ格納するようになっている。

【0432】また、第1のCPU265A1により、電気量データDi1の中に異常データが検出されると、その検出結果に応じて異常データ検出情報およびその検出時刻tk送信要求をRAM266を介して第2のCPU265A2に通知し、第2のCPU265A2は、通知に応じて表示操作装置233に対して異常データ検出情報とその異常データが検出された絶対時刻tkを送信するようになっている。

【0433】すなわち、電力系統保護制御システムにおいては、電力系統231の状態量(電気量データ)の収集や潮流計算は常時一定時間間隔で一定時間内に行うことが必要である。一方、通信ネットワーク234(広域ネットワーク258等)は通信量や通信内容によって処理量が大幅に変動する。また操作状況も変動が大きい。

【0434】したがって、大幅に変動する通信ネットワーク234とのプログラムモジュール235やデータ送受信に係わるインタフェース、プログラムモジュールの解釈処理、操作状況の把握、他装置に対する指令出力処理等を、上記一定時間間隔で一定時間内に行なうことが必要な保護制御機能に関する処理と切り離して第2のCPU265A2に受け持たせることによって、各デジタル形保護制御装置232a1、232a2の第2のCPU265A2以外のハードウェア(第1のCPU265A1等)は通信ネットワーク234の状態や操作状況などにかかわらず、自保護制御装置についての電力系統231に係わる電気量データ収集処理、および潮流計算処理等を行うことができる。

【0435】この結果、従来、両立することが難しかった表示操作装置からの通信ネットワークを介した処理負荷の高いデータ入出力処理および制御要求解析処理と、電力系統から一定周期で電気量データを取得する処理および取得した電気量データに基づく潮流計算処理を含む保護制御演算処理とを簡単に両立して行なうことができるため、プログラムモジュール送受信処理やプログラムモジュール解釈処理、および電気量データ取得処理や保護制御演算処理をそれぞれ高速に行なうことができ、電力系統保護制御システムの保護制御動作性能をさらに向上させることが可能になる。

【0436】また、本実施形態では、第1のCPUが保護制御演算に係わる処理を実行し、第2のCPUがプログラムモジュール・データ送受信処理、プログラムモジ

ジュール解釈処理、通信ネットワークとの間のインタフェース処理等を行なうようにしたが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0437】例えば、互いに共通するメモリ（RAM等）、バス、および通信インタフェース等を有する3つのCPUを用いることにより、第1のCPUは保護制御演算に係わる処理、第2のCPUは、プログラムモジュール・データ送受信処理を含む通信ネットワークとの間のインタフェース処理をそれぞれ行ない、第3のCPUは、プログラムモジュールの解釈および解釈されたプログラムモジュールに基づく動作指令出力処理を行なうように構成してもよい。このように構成すれば、プログラムモジュール・データ入出力処理を含む通信ネットワークとの間のインタフェース処理、プログラムモジュール解釈・実行処理、および電気量データ取得処理・潮流計算処理を含む保護制御演算処理をそれぞれ高速に行なうことができるため、電力系統保護制御システムの保護制御処理効率をさらに高めることができる。

（第16の実施の形態）本発明の第16の実施の形態に係わる電力系統保護制御システムを図40に従って説明する。

【0438】上述した各実施形態で示したように、精密時刻を計測するための手段として、複数の人工衛星Lから送信されたGPS信号に基づいて絶対時刻を計測する場合、衛星Lの運用状況や上空の電離層の状況等によって、衛星LからのGPS信号が上述したGPS受信アンテナ240aを介してGPS受信手段240（GPS受信アンテナ240a、GPS受信部260）に受信されない可能性がある。このような場合では、GPS受信手段240は絶対時刻を計測できなくなるが、従来では、その絶対時刻計測不可になったGPS受信手段240を有するデジタル形保護制御装置を特定することができなかった。

【0439】そこで、本実施形態の電力系統保護制御システムの各デジタル形保護制御装置は、自装置（GPS受信手段）により計測された絶対時刻が正確か否かを常に確認することにより、絶対時刻の計測が不可になったデジタル形保護制御装置（GPS受信手段）を特定することが可能になる。

【0440】すなわち、図40によれば、図31に示す機能ブロック構成に加えて、電力系統保護制御システム295のデジタル形保護制御装置232a1（232a2）におけるGPS受信手段240Bは、他装置232a2（232a1）でGPS信号に基づいて計測された絶対時刻tを受信手段242を介して取り込み、取り込んだ絶対時刻tに基づいて、自装置232a1（232a2）で絶対時刻tが正確に得られているか否かを確認する絶対時刻確認部296を備えている。

【0441】本実施形態によれば、例えばデジタル形保護制御装置232a1のCPU265は、複数の人工

衛星Lから送信されGPS受信アンテナ240aおよびGPSインタフェース260を介して入力されてきたGPS信号を順次受信処理して絶対時刻tを求めると、他装置232a2のCPU265で計測された絶対時刻t'を広域ネットワーク258等を介して受信し、自装置232a1で計測された絶対時刻tと他装置232a2で計測された絶対時刻t'とを比較して自装置232a1の絶対時刻tが正確か否かを確認する。

【0442】今、他装置232a2から送信されたデータが広域ネットワーク258等を介して伝送されて自装置232a1に受信されるまでに、最大でTdの伝送遅延があると仮定し、また、その比較精度をTcとすると、CPU265は、自装置232a1の絶対時刻tと他装置232a2で計測された絶対時刻t'とのずれが下式

【0443】

【数12】

$$|t - t'| \leq Tc + Td \quad \dots\dots (12)$$

を、満足すれば、デジタル形保護制御装置232a1のCPU265は、自装置232a1において絶対時刻tは正確に計測されていると判定する。

【0444】一方、絶対時刻tと絶対時刻t'とのずれ $|t - t'|$ が上記(12)式を満足しない場合、つまり、

【0445】

【数13】

$$|t - t'| > Tc + Td \quad \dots\dots (13)$$

であれば、自装置232a1で計測された絶対時刻tは不正確であると判定する。

【0446】なお、デジタル形保護制御装置232a2についても、他装置232a1から絶対時刻tを取り込んで上述した処理を行なうことにより、自装置232a2の絶対時刻t'が正確か否かを確認することが可能になる。

【0447】すなわち、本実施形態によれば、各デジタル形保護制御装置232a1、232a2は、自装置が計測した絶対時刻が正確か否かを確認することができるため、上述した各実施形態の電力系統保護制御システムに比べて、さらに信頼性を向上させることができる。

（第17の実施の形態）本発明の第17の実施の形態に係わる電力系統保護制御システムを図41に従って説明する。なお、図41においては、図面を分かりやすくするため、電力系統231を省略している。

【0448】図41に示す電力系統保護制御システム300においては、例えば同一変電所Ts1内に複数（図41では説明を容易にするため、2つとする）のデジタル形保護制御装置232a1、232b1が設置されている。すなわち、デジタル形保護制御装置232a1、232b1は、互いに近接した位置（他の変電所Ts2に設置されたデジタル形保護制御装置232a2

と比較して近接した位置)に設置されている。

【0449】2つの同一変電所Ts1内の近隣のデジタル形保護制御装置232a1、232b1における一方のデジタル形保護制御装置232a1は、図31に示した機能ブロック構成を有しており、他方のデジタル形保護制御装置232b1は、図31に示した機能ブロック構成において、GPS受信手段240(GPS受信アンテナ240aを含む)を除く機能ブロック構成を有している。

【0450】そして、一方のデジタル形保護制御装置232a1は、GPS受信手段240により計測された絶対時刻tを構成する各時刻タイミングを表す周期信号(絶対時刻に対応する精度を有する)と、各時刻タイミングの時刻を表す時刻データとを重畳し、その重畳信号Hをデジタル形保護制御装置232b1へ送信する絶対時刻重畳送信手段301を備えている。

【0451】また、他方のデジタル形保護制御装置232b1は、デジタル形保護制御装置232a1から送信された各時刻タイミングを表す信号と、各時刻タイミングの時刻を表す時刻データとが重畳された信号を、各時刻タイミングを表す信号と、各時刻タイミングの時刻を表す時刻データとに分離して絶対時刻tを表す信号を生成する絶対時刻分離手段302を備え、この絶対時刻分離手段302は、絶対時刻tを表す各時刻タイミングを表す信号および各時刻タイミングの時刻を表す時刻データをデータ取得手段241およびプログラムモジュール実行手段243にそれぞれ送信することにより、第9実施形態で述べたデータ取得処理および絶対時刻付加処理に用いられるようになっている。

【0452】デジタル形保護制御装置232b1のハードウェア構成は、図32に示したデジタル形保護制御装置232a1のハードウェア構成において、GPS受信部260(GPS受信アンテナ240aを含む)を削除した構成であり、また、デジタル形保護制御装置232b1の通信インタフェース261は、トランシーバ255を介してイーサネットLAN256に接続されており、デジタル形保護制御装置232a1とデジタル形保護制御装置232b1とは、イーサネットLAN256および通信インタフェース261等を介してデータ送受信可能になっている。

【0453】そして、本実施形態のデジタル形保護制御装置232a1のI/O4とデジタル形保護制御装置232b1のI/O4とは、上記重畳信号Hを送信するための1本のシリアル通信用の通信線(例えば、光ファイバケーブル)303(図41参照)により接続されている。

【0454】本実施形態のその他の機能ブロック構成、および各機能ブロック構成を具体的に実現するためのハードウェア構成については、第9実施形態の図31および図32と略同等であるため、その説明は省略する。な

お、デジタル形保護制御装置232b1においては、電力系統から取得される電気量をSb1、電力系統の外部機器に対して出力される動作指令をCb1としている。

【0455】すなわち、本実施形態によれば、デジタル形保護制御装置232a1のCPU265は、GPS受信アンテナ240aおよびGPS受信部260を介して計測された絶対時刻t(t1~tn)を構成する各時刻t1~tn毎のタイミングを表す時刻タイミング信号および各時刻タイミングの時刻内容を表す時刻データを重畳し、この重畳信号HをI/O4を介して通信線303を介してデジタル形保護制御装置232b1に送信する(図42のタイムチャート参照、なお、重畳信号Hの1つのデータ(絶対時刻タイミングデータ+時刻データ)送信に関するデータ転送時間Ttは、1バイト転送時間をTxとすると、Tt>Txとなる)。

【0456】一方、デジタル形保護制御装置232b1のCPU265は、I/O4を介して送られてきた重畳信号Hを受信し、上記Txよりも短く、かつTxよりも長いパルス幅を有する検出パルス(そのパルス幅をTdとする)を用いて受信信号Sから各時刻t1~tn毎の時刻タイミング信号および各時刻タイミングにおける時刻データをそれぞれ分離する(図42のタイムチャート参照)。

【0457】そして、CPU265は、上述した絶対時刻t1~tnに基づくサンプリング周期による電気量データ取得処理や絶対時刻付加処理を行なうようになっている。

【0458】以上述べたように、本実施形態によれば、例えば同一の変電所内に設置されるなど、比較的近接配置された複数のデジタル形保護制御装置における少なくとも1つのGPS受信手段(GPS受信アンテナ、GPS受信部)が設置されたデジタル形保護制御装置、およびGPS受信手段の無い少なくとも1つのデジタル形保護制御装置間を高速データ転送可能な光ファイバ等の通信線で接続しておき、GPS受信手段により受信された絶対時刻(絶対時刻タイミング信号、時刻データ)重畳してGPS受信手段の無い少なくとも1つのデジタル形保護制御装置に送信することにより、GPS受信手段の無い少なくとも1つのデジタル形保護制御装置においても、送信されてきた重畳信号を絶対時刻タイミング信号および時刻データに分離することにより、その絶対時刻(絶対時刻タイミング信号および時刻データ)を用いて互いに同期した電気量データを取得することができ、さらに、その電気量データに絶対時刻を付加して記憶することができる。したがって、デジタル形保護制御装置に比べて比較的高価なGPS受信手段を構成するGPS受信部を用いる個数を低減することができ、電力系統保護制御システムのコストを減らすことができる。

【0459】なお、本実施形態においては、デジタル形保護制御装置232a1から時刻タイミングおよび時刻データを重畳してデジタル形保護制御装置232b1へ送信したが、本発明はこれに限定されるものではなく、図42に示すように、GPS受信部260の各種データ（GPS受信部260の自己診断結果、人工衛星の状況および受信状況等）を適当な時間間隔で上記時刻タイミングおよび時刻データが重畳された重畳信号Hにさらに重畳し、この重畳信号H'をデジタル形保護制御装置232b1へ送信してもよい。このように構成すれば、デジタル形保護制御装置232b1は、人工衛星の運用状況や電波受信状態に応じて時刻タイミングを利用することができる。

【0460】また、図43に示すように、送信元のデジタル形保護制御装置232a1の状態・電力量データ・送信先デジタル形保護制御装置232b1に対する自動点検指令等を適当な時間間隔で上記時刻タイミングおよび時刻データが重畳された重畳信号Hにさらに重畳し、この重畳信号H'をデジタル形保護制御装置232b1へ送信してもよい。このように構成すれば、広域ネットワークの通信負荷を増加させることなく、同一変電所内に配置されたデジタル形保護制御装置232a1およびデジタル形保護制御装置232b1間の通信を行なうことが可能になる。

（第18の実施の形態）本発明の第18の実施の形態に係わる電力系統保護制御システムを図44に従って説明する。

【0461】図41に示したデジタル形保護制御装置232a1、232a2のGPS受信手段240（GPS受信部260）は、GPS受信アンテナ240aと電気的に接続されている。このため、GPS受信アンテナ240aを屋外に設置した際に、万が一GPS受信アンテナ240aが直撃雷を受けた場合、GPS受信アンテナ240aを介してGPS受信手段240（GPS受信部260）、および他の手段（CPU等）に対して雷電流が流れる恐れが生じており、保護制御装置全体が故障する可能性がある。

【0462】そこで、本実施形態では、GPS受信アンテナ240aが直撃雷を受けた場合でも保護制御装置全体が影響を受けることのない電力系統保護制御システムを提供する。

【0463】図44は、本実施形態に係わる電力系統保護制御システムのデジタル形保護制御装置（代表してデジタル形保護制御装置232a1のみ示す）のブロック構成を示す図である。

【0464】図44によれば、電力系統保護制御システムは、図32に示すハードウェア構成からGPS受信部240を省略した構成を有する保護制御装置本体232a1と、GPS受信部260およびGPS受信アンテナ240aを搭載した精密時刻計測用の精密時刻計測装置

303と、この保護制御装置232a1および精密時刻計測装置303間を電気的に絶縁した状態で互いに通信可能に接続する光ファイバ等の光通信ケーブル304とを備えている。

【0465】精密時刻計測装置303は、GPS受信アンテナ240aおよびGPS受信部260と、このGPS受信部260により計測された絶対時刻 t を構成する各時刻タイミングおよび時刻データを図42に示すように重畳する重畳部303aと、時刻タイミングおよび時刻データが重畳された重畳信号Hを光信号に変換して光通信ケーブル304を介して保護制御装置232a1に送信する電気光変換部303bとを備えている。

【0466】また、保護制御装置232a1は、データ取得手段241、受信手段242、プログラムモジュール実行手段243、記憶手段244および送信手段245に加えて（図44においては図示を省略している）、光通信ケーブル304に通信可能に接続され光通信ケーブル304を介して送信されてきた重畳信号Hに基づく光データを電気的な重畳信号Hに変換する光電気変換部305と、この光電気変換部305の変換処理により得られた重畳信号Hを時刻タイミングおよび時刻データに分離して絶対時刻 t を表す信号を生成する絶対時刻分離手段302とを備えている。

【0467】なお、分離した絶対時刻 t の利用法については、第9実施形態および第17実施形態等で述べているため、説明を省略する。

【0468】すなわち、本実施形態によれば、精密時刻計測装置303は、保護制御装置232a1と電気的に絶縁された光通信ケーブル304を介して接続されているため、万が一、精密時刻計測装置303のGPS受信アンテナ240aが直撃雷を受けても、その雷信号は、光通信ケーブル304を介して保護制御装置232a1に対して送信されることはなく、保護制御装置232a1の故障を回避することができる。

【0469】したがって、電力系統保護制御システムの信頼性をさらに向上させることができる。

【0470】なお、本実施形態で述べた電力系統保護制御システムの保護制御装置の構成（GPS信号を計測する精密時刻計測用ハードウェア（精密時刻計測装置）を保護制御装置（保護制御処理用ハードウェア；CPU等）から分離して当該精密時刻計測用ハードウェアと保護制御処理用ハードウェアとを電気絶縁的な通信ケーブルで接続する構成は、本明細書におけるGPS信号を受信する全ての実施形態の各保護制御装置に対して適用可能である。

【0471】図45は、第18実施形態の第1の変形例を示す図である。

【0472】図45によれば、保護制御装置232a1のCPU265は、RAM266やEEPROM268等に記憶された設定データ（GPS受信アンテナ240

aの初期位置等)を光電気変換部305を介して光データに変換して光通信ケーブル304を介して精密時刻計測装置303に送信する機能を有しており、精密時刻計測装置303は、光通信ケーブル304の電気光変換部303bを介して送信されてきた光データに基づく設定データを受信し、その設定データをGPS受信部260に送信するようになっている。

【0473】このように構成すれば、第11実施形態と同様に、精密時刻計測装置303(GPS受信部260)の初期設定を行なうことが可能になり、短時間で精密時刻計測装置303(GPS受信部260)を起動させることができる。

【0474】また、図42に示すように、GPS受信部260の絶対時刻tに係わるデータ以外の各種データ(GPS受信部260の自己診断結果、人工衛星の状況および受信状況等)を電気光変換部303bに送ることにより、電気光変換部303b、光通信ケーブル304および光電気変換部305を介して保護制御装置232a1側で受信することが可能になる。この結果、精密時刻計測装置303の保守性を大幅に向上させることができる。

【0475】図46は、第18実施形態の第2の変形例を示す図である。

【0476】図41、図44および図45においては、同一変電所T s1内に2つの保護制御装置232a1、232b1が互いに近接して設置されている場合について説明したが、同一変電所T s1内に複数の保護制御装置232x1、232x2、…、232xnが互いに近接して設置されている際にも、第18実施形態の構成を適用可能である。

【0477】すなわち、保護制御装置232x1、232x2、…、232xnの内の少なくとも1つ(例えば保護制御装置232a1)の構成を第18実施形態の図44に示す構成にし、そのデジタル形保護制御装置232x1の絶対時刻分離手段302が分離した時刻タイミングおよび時刻データを再度重畳して他の保護制御装

$$\text{第N段の遅れ} = N \cdot t_d + (N-1) \cdot t_c \quad \dots\dots (14)$$

★と表される。

【0483】また、各デジタル形保護制御装置232x1、232x2、…、232xnが1つ以上の重畳信号再送信手段310を有する場合には、図48に示すように、複数のデジタル形保護制御装置232x1、232x2、…、232xn(図48ではn=6)を複数の通信ケーブルを用いてカスケード状に接続することも可

$$\text{第m段目の遅れ} = m \cdot t_d + (m-1) \cdot t_c \quad \dots\dots (15)$$

★と表される。図47に示すツリー状接続を採用した場合と比べ、カスケード状接続を採用した電力系統保護制御システムでは、予め定められた遅れを許容する保護制

置232x2、…、232xnにそれぞれ再送信する重畳信号再送信手段310を新たに設けることにより、他の保護制御装置232x2、…、232xnは、保護制御装置232x1から送信されてきた絶対時刻tを共有することが可能になり、他の保護制御装置232x2、…、232xnにおいて精密時刻計測用ハードウェアおよびソフトウェアを省略することが可能になる。

【0478】なお、デジタル形保護制御装置232x1に対して、精密時刻計測装置303からではなく、他の精密時刻計測用ハードウェアおよびソフトウェアを有する保護制御装置から送信された重畳信号を重畳信号再送信手段310を介して他の保護制御装置へ送信することも可能である。

【0479】図46に示したように、デジタル形保護制御装置232x1は、2つの重畳信号再送信手段310を有しているが、このように、各デジタル形保護制御装置232x1、232x2、…、232xnが2つ以上の重畳信号再送信手段310を有している場合には、ツリー状に各デジタル形保護制御装置232x1～232xnを接続して時刻タイミング・時刻データを共有することが可能である。

【0480】例えば、通信ネットワーク234に接続された各デジタル形保護制御装置232x1～232xnが2つの重畳信号再送信手段310を有している際には、ツリーの段数をN(図47ではN=4)とすると、図47に示すように、 $2^N - 1$ 個(図47では15個)の保護制御装置232x1～232x15を複数の通信ケーブル(通信ネットワークとは異なる)を用いてツリー状に接続することができる。

【0481】このとき、第N段の保護制御装置における時刻タイミングの遅れは、1段あたりの遅れを t_d 、保護制御装置間を接続する通信ケーブル1本における遅れを t_c とすると、

【0482】

【数14】

能である。

【0484】このとき、カスケード接続の段数をm(=n)とすると、第m段目(第n番目)の保護制御装置における時刻タイミングの遅れは、上記 t_d 、 t_c を用いると、

【0485】

【数15】

御装置の接続数が少なくなるが、接続構成が比較的単純であるという利点を有する。

【0486】さらに、各デジタル形保護制御装置23

2x1、232x2、…、232xnが1つ以上の重畳信号再送信手段310を有する場合には、図49に示すように、複数のデジタル形保護制御装置232x1～232xn（図49ではn=9）を複数の通信ケーブルを用いてループ状に接続することも可能である。

【0487】このとき、精密時刻計測装置303に光通信ケーブル304を介して接続される保護制御装置232x1は、次の保護制御装置232x2に対して送信した重畳信号と最終の保護制御装置232x9から戻ってきた重畳信号との間の時間差を計測するループ時間差計測手段311を有している。

【0488】すなわち、保護制御装置間を接続する通信ケーブルの長さが等しい場合においては、保護制御装置232x1は、ループ時間差計測手段311で計測された時間差を保護制御装置232x1に接続された保護制御装置の台数（本実施形態では8）で除した値を、各保護制御装置232x2～232x9に対して通信ネットワーク234を介して送信することにより、各保護制御装置232x2～232x9は、重畳信号の伝達遅延が補正された正確な絶対時刻（時刻タイミング）を得ることが可能になる。

【0489】さらにまた、図50に示すように、複数の保護制御装置232x1～232xn（図50ではn=9）を独立した異なる2本の通信ケーブルで2重ループ状に接続することもできる。

【0490】このとき、精密時刻計測装置303に光通信ケーブル304を介して接続される保護制御装置232x1は、第1のループ（保護制御装置232x2→保護制御装置232x3→…→保護制御装置232x8→保護制御装置232x9）を介して順次送信されて保護制御装置232x1へ戻ってきた重畳信号のループ時間差を計測する第1のループ時間差計測手段311aと、第2のループ（保護制御装置232x9→保護制御装置232x8→…→保護制御装置232x3→保護制御装置232x2）を介して順次送信されて保護制御装置232x1へ戻ってきた重畳信号のループ時間差を計測する第2のループ時間差計測手段311bとを備えている。

【0491】また、各保護制御装置232x2～232x9は、精密時刻計測装置303に接続された保護制御装置232x1と自保護制御装置との間の距離が短いループ（同一距離の場合は所定のループ）を介して送信されてきた重畳信号、すなわち保護制御装置232x1から第1および第2のループを介して送信されてきた重畳信号の内、自保護制御装置に先着した重畳信号を検出する先着重畳信号検出手段315を備えており、各保護制御装置232x2～232x9は、先着重畳信号検出手段315により検出された先着した重畳信号を用いて、上述したデータ収集処理等の上述した処理を行なうようになっている。

【0492】すなわち、上述した2重ループ状の接続構成を有する電力系統保護制御システムによれば、第1および第2のループそれぞれの時間差を第1および第2のループ時間差計測手段311aおよび311bにより計測しているため、第1のループおよび第2のループの内のどちらか一方のループを構成する通信ケーブルの内の少なくとも1カ所に故障が発生した場合でも、各保護制御装置232x2～232x9は、故障が発生した通信ケーブルを含むループとは異なる正常なループを介して送信されてきた絶対時刻（時刻タイミング）を、その正常なループに対応するループ時間差計測手段で計測された時間差に基づいて補正することにより、伝達遅延が補正された正確な絶対時刻（時刻タイミング）を利用することができる。

【0493】さらに、上述した2重ループ状の接続構成を有する電力系統保護制御システムによれば、第1のループおよび第2のループの内のどちらか一方のループを構成する通信ケーブルの内の少なくとも1カ所に故障が発生した場合、第1あるいは第2のループ時間差計測手段311aあるいは311bおよび先着重畳信号検出手段315で故障が発生したループを介して重畳信号が受信できないことを検出することができるため、保護制御装置232x1～保護制御装置232x9の内の少なくとも1つ（例えば保護制御装置232x1）は、他の保護制御装置（例えば保護制御装置232x2～保護制御装置232x9）に対して通信ネットワークを介して一定間隔で重畳信号受信状況を問い合わせることによって通信ケーブルの故障箇所を判別することができる。

【0494】なお、複数の保護制御装置232x1～232xn（図50ではn=9）を独立した異なる2本以上の通信ケーブルで多重ループ状に接続することも可能である。

【0495】図51は、第18実施形態の第3の変形例を示す図である。

【0496】図51によれば、精密時刻計測処理装置303は、複数のGPS受信アンテナ240a1～240anおよびGPS受信部260a1～260an（図51では2つ）を有しており、重畳部303aは、複数のGPS受信部260a1～260anからそれぞれ送られた複数の時刻タイミングおよび時刻データの中から最適な時刻タイミングおよび時刻データを選択し、選択した時刻タイミングおよび時刻データを重畳するようになっている。

【0497】重畳部303aは、GPS受信アンテナおよびGPS受信部が3個以上ある場合（GPS240a1～240a3およびGPS受信部260a1～260a3）には、多数決理論で正常と思われるGPS受信部（例えばGPS受信部260a1およびGPS受信部260a2）の時刻タイミングおよび時刻データが一致している場合、GPS受信部260a1およびGPS受信部

260a2のどちらか一方)を選択し、選択したGPS受信部の時刻タイミングおよび時刻データを重畳して重畳信号を生成するようになっている。

【0498】また、GPS受信アンテナおよびGPS受信部が2個である場合(GPS240a1、240a2およびGPS受信部260a1、260a2)には、上記多数決理論を用いることができないため、各GPS240a1、240a2で測定される時刻タイミング信号の安定性および時刻データの妥当性からより健全なGPS受信部を選択し、選択したGPS受信部の時刻タイミングおよび時刻データを重畳して重畳信号を生成するようになっている。

【0499】場合によっては、保護制御装置232a1は、通信ネットワーク234(広域ネットワーク258)を介して他の保護制御装置232a2のGPS受信部260の時刻データを受信し、受信した時刻データを光電気変換部305および光通信ケーブル304精密時刻計測装置303に送信することにより、精密時刻計測装置303で計測された時刻データと照合することも可能である。

【0500】すなわち、本変形例によれば、複数のGPS受信アンテナおよびGPS受信部を用いることにより、仮に1つのGPS受信アンテナやGPS受信部に故障が発生したり、GPS受信部が例えば初期状態でGPS信号を受信することができない場合でも、残りのGPS受信アンテナおよびGPS受信部により測定された時刻タイミングおよび時刻データを選択し、選択した時刻タイミングおよび時刻データを利用することができるため、電力系統保護制御システムの信頼性をさらに向上させることができる。

【0501】図52は、第18実施形態の第4の変形例を示す図である。

【0502】本変形例においては、図51に示したGPS受信アンテナおよびGPS受信部の多重化ではなく、精密時刻計測装置自体を多重化している(以下の説明では2重化について説明する)。

【0503】すなわち、図52によれば、本変形例の電力系統保護制御システムは、図32に示すハードウェア構成からGPS受信部240を省略した構成を有する保護制御装置本体232a1と、第1のGPS受信部260a1、第1のGPS受信アンテナ240a1、第1の重畳部303a1および第1の電気光変換部303b1をそれぞれ搭載した第1の精密時刻計測装置320a1と、第2のGPS受信部260a2、第2のGPS受信アンテナ240a2、第2の重畳部303a2および第2の電気光変換部303b2をそれぞれ搭載した第2の精密時刻計測装置320a2と、保護制御装置232a1および第1の精密時刻計測装置320a1間を電氣的に絶縁した状態で互いに通信可能に接続する光ファイバ等の第1の光通信ケーブル304a1と、保護制御装置

232a1および第2の精密時刻計測装置320a2を電氣的に絶縁した状態で互いに通信可能に接続する光ファイバ等の光通信ケーブル304a2とを備えている。

【0504】また、保護制御装置232a1は、データ取得手段241、受信手段242、プログラムモジュール実行手段243、記憶手段244および送信手段245に加えて(図52においては図示を省略している)、第1および第2の光通信ケーブル304a1および304a2に対して通信可能にそれぞれ接続され第1および第2の光通信ケーブル304a1および304a2を介してそれぞれ送信されてきた第1および第2の重畳信号H1およびH2に基づく光データを電氣的な第1および第2の重畳信号H1およびH2にそれぞれ変換する第1および第2の光電気変換部305a1および305a2と、これら第1および第2の光電気変換部305a1および305a2の変換処理によりそれぞれ得られた第1および第2の重畳信号H1およびH2をそれぞれ時刻タイミングおよび時刻データに分離して第1および第2の絶対時刻t1およびt2を表す信号をそれぞれ生成する絶対時刻分離手段321とを備えている。

【0505】上述した構成を有する本変形例によれば、絶対時刻分離手段321は、第1および第2の精密時刻計測装置320a1および320a2でそれぞれ計測され、第1および第2の光通信ケーブル304a1および304a2と第1および第2の光電気信号変換部305a1および305a2を介してそれぞれ送信されてきた第1および第2の重畳信号H1およびH2をそれぞれ時刻タイミングおよび時刻データに分離して第1および第2の絶対時刻t1およびt2を表す信号をそれぞれ生成する。

【0506】そして、絶対時刻分離手段321は、生成された第1および第2の絶対時刻t1およびt2に係わる第1および第2の時刻タイミングの妥当性と、第1および第2の絶対時刻t1およびt2に係わる第1および第2の時刻データの妥当性をそれぞれ調べることにより、より健全な精密時刻計測装置を選択して、選択した精密時刻計測装置の時刻タイミングおよび時刻データを利用するようになっている。

【0507】すなわち、本変形例においては、複数の精密時刻計測装置を用いることにより、仮に1つの精密時刻計測装置のGPS受信アンテナやGPS受信部に故障が発生したり、GPS受信部が例えば初期状態でGPS信号を受信することができない場合でも、残りの精密時刻計測装置で計測された時刻タイミングおよび時刻データを選択し、選択した時刻タイミングおよび時刻データを利用することができるため、電力系統保護制御システムの信頼性をさらに向上させることができる。

(第19の実施の形態)本発明の第19の実施の形態に係わる電力系統保護制御システム350を図53に従って説明する。

【0508】図53によれば、図31に示す機能ブロック構成に加えて、電力系統保護制御システム350における各デジタル形保護制御装置232a1、232a2は、人工衛星Lから送信されたGPS信号を受信して絶対時刻を計測するGPS受信手段240の他に、地上波（地上に沿って伝搬する電波）GWを受信して取得された地上波精密時刻を補正することにより、絶対時刻と比べて略同精度で、かつ位相差の無い精密時刻を取得する精密時刻計測手段351をそれぞれ備えている。

【0509】精密時刻計測手段351で用いられる地上波の例としては、茨城県つくば市から発せられるJG2ASがある。これは長波であり、時刻情報を常に送信している。1個所から発せられる地上波の場合、発信源からデジタル形保護制御装置232a1、232a2までの距離に応じて時刻情報（地上波精密時刻）が遅れて受信されるため、定義した1μsの精度を有する精密時刻と比べると、位相差が生じている。

【0510】精密時刻計測手段351は、地上波による時刻情報を受信する地上波時刻情報受信部351aと、GPS受信手段240により受信された絶対時刻と地上波時刻情報受信部351aにより受信された地上波精密時刻との位相ズレ（位相差）を計測し、この計測した位相差に基づいて、地上波時刻情報受信部351aにより受信された地上波精密時刻の位相を補正して絶対時刻の精度に近似した精度を有する精密時刻を生成する時刻情報位相補正部351bとを備えている。

【0511】図54は、図53に示された本実施形態の電力系統保護制御システム350の各機能ブロックを具体的に実現するためのハードウェア構成を示す図である。

【0512】図54によれば、デジタル形保護制御装置232a1、232a2は、装置内の各構成要素（デジタル演算処理部3等）とデータ送受信可能にバス5に接続されており、つくば市から発せられた地上波時刻情報（地上波精密時刻）を受信し、受信した地上波精密時刻をデジタル演算処理部3のCPU265に送る地上波時刻情報受信部（地上波受信部）351aを備えている。

【0513】なお、本実施形態のその他の機能ブロック構成、および各機能ブロック構成を具体的に実現するためのハードウェア構成については、第9実施形態の図31および図32と略同等であるため、その説明は省略する。

【0514】すなわち、本実施形態によれば、GPS受信手段240（GPS受信アンテナ240a、GPS受信部260）が正常に動作している場合においては、各デジタル形保護制御装置232a1、232a2のCPU265は、GPS受信部260を介して送られた絶対時刻に基づいて第9実施形態と同様の電気量データ収集処理、絶対時刻付加処理および保護制御演算処理を行

なうとともに、この絶対時刻と地上波受信部351aにより受信された地上波精密時刻との位相差（位相ズレ）を各時刻毎に常に計測しておき、その計測データ（各時刻毎の位相差）をRAM266に記憶する。

【0515】このとき、GPS受信部260の故障等の原因でGPS受信部260から絶対時刻が送信されない場合、あるいはGPS受信部260から送られた絶対時刻が地上波受信部351aから送られた地上波精密時刻と比べて明らかに変化した場合、CPU265は、広域ネットワーク258等を介して他の保護制御装置（232a1→232a2、232a2→232a1）、あるいは表示操作装置233へ自装置のGPS受信手段240（GPS受信部260）が故障（GPS受信不良）状態であることを広域ネットワーク258等を介して通知するとともに、地上波受信部351aから送られた地上波精密時刻に対応する位相差をRAM266から読み出し、その地上波精密時刻の位相をRAM266から読み出した対応する位相差を用いて補正することにより、絶対時刻に略匹敵する精度を有する精密時刻を生成する。

【0516】そして、CPU265は、生成された精密時刻に基づいて第9実施形態と同様の電気量データ収集処理、絶対時刻付加処理および保護制御演算処理を行なうようになっている。

【0517】すなわち、本実施形態によれば、各デジタル形保護制御装置232a1、232a2は、その絶対時刻を計測するGPS受信手段（GPS受信部等）が故障するか、あるいは衛星の運用状況および上空の電離層の状況等によりGPS信号が正確に受信されない場合でも、地上波受信部351aにより受信された地上波を用いてその故障（GPS信号受信不良）を検出し、予め計測しておいた地上波精密時刻と絶対時刻との間の位相差により地上波を補正して絶対時刻に匹敵する高精度の精密時刻を生成することができる。

【0518】この結果、本実施形態では、上述したGPS受信部自体の故障やGPS信号受信不良等によりGPS受信手段（GPS受信部）により正確な絶対時刻が得られない場合でも、電気量データ収集処理、絶対時刻付加処理および保護制御演算処理を行なうことができるため、電力系統保護制御システムの信頼性をさらに向上させることができる。

（第20の実施の形態）本発明の第20の実施の形態に係わる電力系統保護制御システムを図55に従って説明する。

【0519】図55によれば、図31に示す機能ブロック構成に加えて、電力系統保護制御システム360における各デジタル形保護制御装置232a1、232a2は、人工衛星Lから送信されたGPS信号を受信して絶対時刻を計測するGPS受信手段240の他に、上記絶対時刻の一時的な代替用として取得されたリアルタイムの時刻を補正して精密時刻を計測する代替用時刻計測

手段361をそれぞれ備えている。

【0520】代替用時刻計測手段361は、リアルタイムの時刻を絶対時刻の代替用として発生する代替用時刻発生部361aと、GPS受信手段240により受信された絶対時刻と代替用時刻発生部361aから発生されたリアルタイム時刻とのズレを校正して代替用時刻を生成する代替用時刻構成部361bとを備えている。

【0521】この代替用時刻発生部361aの処理を具体的に実行するハードウェア構成要素として、例えば図32に示すデジタル形保護制御装置232a1、232a2は、装置内の各構成要素（デジタル演算処理部3等）とデータ送受信可能にバス5に接続された時刻発生回路を備えている（図示せず）。この時刻発生回路は、例えば高精度の時計を有し、この時計から発生された時刻に基づく時刻タイミング信号と時刻データとをバス5を介してCPU265に供給するようになっている。

【0522】すなわち、本実施形態によれば、GPS受信手段240（GPS受信アンテナ240a、GPS受信部260）が正常に動作している場合においては、各デジタル形保護制御装置232a1、232a2のCPU265は、GPS受信部260を介して送られた絶対時刻に基づいて第9実施形態と同様の電気量データ収集処理、絶対時刻付加処理および保護制御演算処理を行なうとともに、この絶対時刻に基づいて、代替用時刻発生部361aにより発生されたリアルタイム時刻を校正する処理を行なっている。

【0523】このとき、衛星の運用状況等の影響でGPS受信部260から絶対時刻が一時的に送信されない場合、CPU265は、広域ネットワーク258等を介して他の保護制御装置（232a1→232a2、232a2→232a1）、あるいは表示操作装置233へ自装置のGPS受信手段240（GPS受信部260）がGPS受信不良状態であることを広域ネットワーク258等を介して通知するとともに、校正していた代替用時刻に基づいて第9実施形態と同様の電気量データ収集処理、絶対時刻付加処理および保護制御演算処理を行なうようになっている。

【0524】すなわち、本実施形態によれば、各デジタル形保護制御装置232a1、232a2は、衛星の運用状況および上空の電離層の状況等によりGPS信号が一時的に受信されない際に、そのGPS受信不良が一時的な不良である場合には、代替用時刻発生部361aにより発生されたリアルタイム時刻を校正した代替時刻を用いて電気量データ収集処理、絶対時刻付加処理および保護制御演算処理を行なうことができるため、電力系統保護制御システムの信頼性をさらに向上させることができる。

【0525】また、例えば、デジタル形保護制御装置232a1においてGPS受信不良が起こった場合、こ

のGPS受信不良を他の保護制御装置232a2や表示操作装置233に通知することができるため、上記GPS受信不良がGPS受信部260の故障により生じたため一定時間以上その受信不良状態が継続した場合には、他の保護制御装置232a2は、相互の同期が崩れたと判断して所定の処理（例えば、仮に、保護制御装置232a1、232a2以外の複数の保護制御装置が存在する場合は、GPS受信不良の保護制御装置を除いた複数の保護制御装置間で同期をとって電気量データ収集処理を継続する処理等）を行なうことができる。

（第21の実施の形態）本発明の第21の実施の形態に係わる電力系統保護制御システム280Aの機能ブロック構成については、第12実施形態の図36と略同等であるため、その説明を省略する。また、本実施形態の各機能ブロック構成を具体的に実現するためのハードウェア構成については、第9実施形態の図32と略同等であるため、その説明は省略する。

【0526】本実施形態において、例えばデジタル形保護制御装置232a2の保護制御対象（送電線端RB）に系統事故が発生したとする。このとき、デジタル形保護制御装置232a2のCPU265は、例えば前掲図35のステップS40～ステップS46の処理を行なって事故を検出し、例えば遮断器のトリップ指令出力処理等の保護制御処理を行なったとする。

【0527】このように、例えば隣接する保護制御装置232a2が保護制御動作を行なったとき、保護制御装置232a1の保護制御対象である系統（送電線端RA）にも状態量（電気量）の変化が発生するものの、保護制御動作（遮断器の遮断動作）には至らない場合がある（単一のリレー要素（例えば事故検出リレー要素）しか起動していない場合等）。

【0528】このとき、本実施形態における保護制御装置232a1は、発生した状態量の変化を収集した電気量データの変化（Di1→Di1A）により検出すると（図56；ステップS50）、隣接した保護制御装置232a2の電気量データDi2'を通信ネットワーク234（広域ネットワーク258）等を介して収集し（ステップS51）、RAM266に記憶された自装置232a1の系統（送電線端）RAの送電線定数（自己インピーダンス）および2つの系統（送電線端RA、RB）の相互の影響（送電線定数；相互インピーダンス）と、収集した電気量データDi2'に基づいて、上記隣の装置232a2の状態変化に応じた自保護制御装置232a1の電気量データの状態変化（Di1→Di1B）を求める（ステップS52）。

【0529】そして、装置232a1のCPU265は、検出した電気量データの変化（Di1→Di1A）がステップS52の処理により求められた隣の装置232a2の電気量データDi2'および送電線定数に基づく電気量データの変化（Di1→Di1B）の範囲内であるか

否か判断する(ステップS53)。

【0530】今、 $|Di1 - Di1A| < |Di1 - Di1B|$ であるとする、ステップS53の判断の結果はYESとなり、CPU265は、自装置232a1の電気量データの変化は、隣接する装置232a2の系統に対する保護制御動作の影響であると判定して(ステップS54)、ステップS56の処理に移行する。

【0531】一方、 $|Di1 - Di1A| \geq |Di1 - Di1B|$ であるとする、ステップS53の判断の結果はNOとなり、CPU265は、自装置232a1の電気量データの変化は、自装置232a1の保護制御対象である系統(送電線端RA)にも別の系統事故(多重事故)が発生したと判定して、保護制御動作処理(例えば遮断器のトリップ指令出力処理等)を行なう(ステップS55)。

【0532】そして、CPU265は、ステップS54、あるいはステップS55の判定結果を通信ネットワーク234(広域ネットワーク256)等を介して表示操作装置233へ送信して(ステップS56)、処理を終了する。

【0533】以上述べたように、本実施形態によれば、近接して配置された(例えば隣の)保護制御装置で事故が発生し、自装置において電気量データの変化が発生したものの事故検出されなかった場合、その隣の保護制御装置で収集された電気量データ、および予め測定された送電線定数を用いて、自保護制御装置の電気量データの状態変化が上記隣の保護制御装置の保護制御動作の影響か否かを判定することができるため、さらに信頼性の高い電力系統保護制御システムを提供することができる。

(第22の実施の形態)本発明の第22の実施の形態に係わる電力系統保護制御システム230Aの機能ブロック構成、および各機能ブロック構成を具体的に実現するためのハードウェア構成については、第9実施形態の図31および図32と略同等であるため、その説明は省略する。

【0534】図31および図32において、系統の変更(例えば、保護制御対象となる系統設備の変更等)を例えば遠隔監視操作員が表示操作装置233の入力部274を介して入力した場合、あるいは系統の変更が保護制御装置232a2、あるいは表示操作装置233で検出された場合、保護制御装置232a2あるいは表示操作装置233は、通信ネットワーク234(広域ネットワーク258)等を介して他の保護制御装置232a1にその系統の変更を連絡する。

【0535】このとき、例えば、保護制御装置232a1は、表示操作装置233から通信ネットワーク234等を介して送信された、例えば整定値等の保護制御動作に係わる設定値を動的に変更するプログラムモジュールを通信ネットワーク234を介してダウンロードして実行し、自装置232a1の設定値をダイナミックに変更

する。

【0536】また、予め保護制御装置232a1に系統の変更に応じた設定値をダイナミックに変更するためのプログラムモジュールがダウンロードされている場合には、そのプログラムモジュールを実行して自装置232a1の設定値をダイナミックに変更する。

【0537】このように構成すれば、例えば保護制御装置232a1は、他の保護制御装置232a2や表示操作装置233で検出された系統の変更に応じて、通常の運転中であってもその設定値をダイナミックに変更することができる。

(第23の実施の形態)本発明の第23の実施の形態に係わる電力系統保護制御システム230Bの機能ブロック構成、および各機能ブロック構成を具体的に実現するためのハードウェア構成については、第9実施形態の図31および図32と略同等であるため、その説明は省略する。

【0538】図31および図32において、例えば複数の保護制御装置232a1～232anにおける所定の保護制御装置232a1は、事故発生時において、その事故に関連して異常が検出された保護制御装置232ak～232anから事故時の電力系統231の状態量を表す電気量データを、異常検出時の絶対時刻を付加した状態で通信ネットワーク234を介して収集する。

【0539】このとき、保護制御装置232a1は、収集された事故検出時の絶対時刻付きの電気量データ $Di_k(t_k) \sim Di_n(t_n)$ に基づいて、各保護制御装置232ak～232an間の異常検出時(事故発生時)の違い(遅延状態)を精密に求めることが可能である。

【0540】例えば、送電線で事故(異常)が発生した場合、異常発生個所に近い位置の保護制御装置ではすぐに異常現象が観測される。

【0541】しかしながら、送電線の異常伝播には時間遅れがあるため、異常発生個所から遠隔の保護制御装置では異常発生個所からの距離に応じた遅れをもって異常現象が観測される。

【0542】したがって、保護制御装置232a1は、収集された事故検出時の絶対時刻付きの電気量データ $Di_k(t_k) \sim Di_n(t_n)$ における事故検出時刻 $t_k \sim t_n$ に基づいて事故点の距離同定を推定することができる。また、異常現象の伝播状況を表す事故検出時刻の遅延状況から異常要因を推定することができる。

【0543】すなわち、本実施形態によれば、異常発生時に、その異常に関連した複数のデジタル形保護制御装置から収集された、異常検出時の絶対時刻付きの電気量データに基づいて、その異常検出時刻の遅延状況から、事故点の距離や異常要因を推定することができ、その推定した結果に基づいて、効率よく事故点標定処理や異常要因追及処理を行なうことができる。

(第24の実施の形態) 本発明の第24の実施の形態に係わる電力系統保護制御システム365を図57に従って説明する。

【0544】図57によれば、図31に示す機能ブロック構成に加えて、電力系統保護制御システム365は、電力系統231と各保護制御装置232a1、232a2との間の電気量および保護制御指令の送受信を行なう通信ネットワーク234とは別個の第2の通信ネットワーク366を備えている。

【0545】第2の通信ネットワーク366は、電力系統231のアナログ電気量(生データ)等を従来の専用線にかわって収集する高速の通信ネットワークである。この第2の通信ネットワーク366によって、互いに近接配置された複数の保護制御装置それぞれが通信ネットワーク234を使用すること無く、電力系統231のデータなどを収集することができる。

【0546】また、各保護制御装置232a1、232a2は、第2の通信ネットワーク366とデータ取得手段241(ハードウェア的には、アナログ・デジタル変換部2)およびプログラムモジュール実行手段243(ハードウェア的にはI/Oインタフェース4)との間で電気量および動作指令を送受信する送受信部(インタフェース回路)317をそれぞれ備えている。

【0547】従来においては、電力系統231の所定のセンサ231aと保護制御装置(例えば232a1)が専用線で接続されている場合は、他の保護制御装置(例えば232a2)が該当センサ231aの情報を使用する場合には、センサ231aの接続された保護制御装置232a1と通信ネットワーク234を介してセンサデータを収集する必要がある。センサ231aの生データ(電気量)は常時連続して収集される必要があるため、通信ネットワーク234の通信負荷が非常に重くなる。またセンサ231aの接続された保護制御装置232a1では通信ネットワーク234にセンサ231aのデータを常時出力する処理が必要で、該当保護制御装置232a1の処理効率が低下する。

【0548】しかしながら、本実施形態では、第2の通信ネットワーク366で電力系統231の電気量を収集することができるため、保護制御装置232a2は、直接センサ231aの情報を第2の通信ネットワーク234を経由して得ることができる。

【0549】したがって、従来センサ231aの接続されていた保護制御装置232a1のセンサ情報送出処理が不要となる。このため、保護制御装置232a1の処理効率を大幅に向上させることができる。

【0550】また、電力系統231におけるセンサ231aなどの電気量取得用設備機器や部機器動作用設備機器の数は非常に多くても、それら設備機器と電力系統231との間を1本の通信ネットワーク366を介して接続しているため、電力系統保護制御システムにおける多

数の専用線に関する設備コストおよび多数の専用線接続に関する作業が不要になり、電力系統保護制御システム構築に関する作業量の低下、および電力系統保護制御システムの設備コストの低減に寄与することができる。

【0551】なお、上述した第9～第16、第18～第24の実施形態では、電力系統保護制御システムのデジタル形保護制御装置を2つの変電所にそれぞれ設けられた2つのデジタル形保護制御装置とし、また、第17の実施形態では、2つの変電所の内の一方に2つのデジタル形保護制御装置を設けたが、本発明はこれに限定されるものではなく、複数の変電所それぞれに複数のデジタル形保護制御装置を設置することが可能である。

【0552】また、上述した第1～第18、および第20～第24の実施の形態では、精密時刻を計測するために、分子振動の振動周期が一定である原子時計が搭載された複数の人工衛星から送信されたGPS信号をGPS受信アンテナを介して受信して解読し、GPSアンテナの3次元位置を求め、求められた3次元位置に基づいて時間のズレを補正することにより正確な絶対時刻 t (100ns程度の精度)を測定するGPS受信手段(GPS受信部)をデジタル形保護制御装置に設置したが、本発明はこれに限定されるものではなく、電力系統保護制御システムにおいては、絶対時刻に所定の誤差分を含む例えば1 μ s程度の高精度の精密時刻を取得する手段(回路)であれば、どんな時刻取得手段(回路)を設置してもよい。

【0553】例えば、第19実施形態で実際に説明した地上波を検出して精密時刻を計測するシステムを設置してもよく、また、GPS以外の他国の衛星を用いて計測された精密時刻(絶対時刻)を検出するシステムを設置してもよい。只、第19実施形態においては、精密時刻計測手段が地上波に基づく地上波精密時刻の位相差補正用に絶対時刻を使用しているため、絶対時刻を計測するシステムを採用することが望ましい。

【0554】ところで、上述した第9～第24実施形態においては、各デジタル形保護制御装置の制御対象(保護制御対象)を電力系統とした電力系統保護制御システムについて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各デジタル形保護制御装置の制御対象を一般産業プラント(システム)や公共プラント(システム)とした制御システムに対しても適用可能である。

【0555】上記一般産業システム(一般産業プラント)の一例として、図58に示す鉄鋼の線条圧延プラントIPが挙げられる。図58に示す線条圧延プラントは、加熱炉400から高温状態に加熱されて送り出された線条(レール)形状の鉄鋼部材(製品)を3段階に亘って連続して圧延する3つの圧延機401a1～401a3を有しており、これら圧延機401a1～401a3により順次圧延された製品は、終段の巻取機402に

順次巻き取られるようになっている。

【0556】線条圧延プラントIPは、加熱炉400や初段の圧延第1スタンドRS1における圧延機401a1から次段の圧延第2スタンドRS2における第2の圧延機401a2および次段の圧延第3スタンドRS3における第3の圧延機401a3を介して終段のコイル巻取機402までの距離が1km～数km程度の長大なプラントである。

【0557】上述した従来の線条圧延プラントIPにおいては、各圧延スタンドRS1～RS3毎に、対応する圧延機401a1～401a3をそれぞれ制御するための制御装置（デジタル形制御装置）が設けられており、これら各制御装置を超高速の制御専用ネットワークにより接続することにより、各制御装置は互いに協調して各圧延機401a1～401a3を制御していた。

【0558】従来の線条圧延プラントIPにおいては、確かに圧延スタンドRS1～RS3相互間において製品が到達するまでの遅れが数秒程度あるため、各制御装置間で制御専用ネットワークを介して数秒以内に自制御装置から他制御装置に対して圧延処理に係わるデータを送信することができれば、各制御装置を互いに協調して動作させて各圧延機401a1～401a3を介して互いに協調した圧延処理を行なうことも可能である。

【0559】しかしながら、従来の線条圧延プラントIPにおいては、各圧延機401a1～401a3のタイミング調整を1ms程度の時間誤差で行なう必要があるが、各制御装置で送受信される圧延に係わるデータには、上述した1ms程度の高精度を有する時刻情報が付加されておらず、各圧延機401a1～401a3のタイミング調整を正確に行なうことが難しかった。

【0560】したがって、上述した第9～第24実施形態に示した電力系統保護制御システムを、制御対象を電力系統から圧延機に代えて線条圧延プラント制御システムとして用いること、すなわち、各デジタル形保護制御装置を圧延機制御用の制御装置として用いることにより、例えば第9実施形態等で説明した絶対時刻を利用して各制御装置で送受信される圧延に係わるデータに対して数 μ s程度の精度を有する精密時刻を付加することが可能になる。この結果、各圧延機401a1～401a3のタイミング調整を数 μ s程度の時間誤差により正確に行なうことができ、線条圧延プラントの圧延処理に係わる正確性および信頼性を向上させることができる。

【0561】また、上記公共システム（公共プラント）の一例としては、図59に示す上下水道プラントが挙げられる。図59に示す上下水道プラントWPは、取水場410から取水された水がポンプ場411のポンプを介して送出し、沈殿池412および浄水場413を介して浄化された後、配水場414を介して各ユーザへ配分されるようになっている。

【0562】上下水道プラントWPにおいては、上述し

た取水場410から、ポンプ場411、沈殿池412および浄水場413を介して配水場414に至るまでの複数の処理場（機場）間の距離は、数km～数十km程度、場合によっては百km以上になる。

【0563】上述した従来の上下水道プラントWPにおいても、各機場毎に、対応する機場をそれぞれ制御するための制御装置（デジタル形制御装置）が設けられており、これら各制御装置を専用のネットワークにより接続することにより、各制御装置は互いに協調して各機場を制御していた。

【0564】従来の上下水道プラントWPにおいては、各制御装置は、1秒の精度で10秒間隔程度で互いに同期して動作する必要がある。しかしながら、従来の各制御装置で送受信されるデータには、上述した1秒の精度を有する同期に係わる情報が付加されておらず、各制御装置の動作を同期させることが難しかった。

【0565】したがって、上述した第9～第24実施形態に示した電力系統保護制御システムを、制御対象を電力系統から浄水場等の機場に代えて上下水道プラント制御システムとして用いること、すなわち、各デジタル形保護制御装置を機場制御用の制御装置として用いることにより、例えば第9実施形態等で説明した絶対時刻を利用して各制御装置で送受信されるデータに対して1秒程度の精度を有する精密時刻を付加することが可能になる。この結果、各機場410～414の処理を1秒程度の精度で10秒間隔で同期させることが可能になり、上下水道プラントの取水・浄水・配水処理に係わる正確性および信頼性を向上させることができる。

【0566】上述したように、電力系統保護制御システムにおいては、絶対時刻や1 μ s程度の高精度の精密時刻を取得する時刻取得手段を設置すればよく、上述した一般産業プラントや公共プラントを制御する制御システムにおいては、対応するプラント毎に必要な精度を有する精密時刻を取得する時刻取得手段を設置すればよい。

【0567】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、電力系統保護制御システム等の制御システム全体の保護制御機能等の制御機能から電力系統等の制御対象を構成する各設備機器（状態量入出力器、開閉機器）に係わる制御機能を分離し、その各機能（手段）を各設備機器（状態量入出力器、開閉機器）にそれぞれ組み込んで電力系統保護制御システム等の制御システムを構成したため、同一設備機器間（状態量入出力器間、開閉機器間）に組み込まれた各手段を具体的に実現するハードウェア構成を共通化することができるため、電力系統保護制御システム等の制御システム全体のハードウェアに係わるコストおよび制御処理用ソフトウェアコストを低減させて経済性を向上させるとともに、上記制御処理用ソフトウェアの信頼性を向上させることができる。

【0568】また、本発明によれば、精密時刻等の周期

信号を利用して各制御装置の動作を高精度で互いに同期させることができるため、制御システムの信頼性を向上させることができる。特に、絶対時刻等の高精度を有する精密時刻に基づいて、同一の精密時刻でサンプリングされた（同期した）状態量に基づくデジタルデータを用いて保護制御演算処理等の制御演算処理を行なうことができるため、非常に正確な事故判定処理等の制御処理を行なうことができ、信頼性の高い制御システムを提供することができる。

【0569】さらに、本発明によれば、状態量入出力器のハードウェア構成の少なくとも一部が故障した結果、開閉機器に対して誤った動作制御指令が送信されても、その故障を自己診断手段により検出し、その検出結果に応じてロック手段により上記誤った動作制御指令を開閉機器に送信せずにその動作制御をロックすることができる。したがって、状態量入出力器のハードウェア故障に起因した開閉機器に対する不要な動作制御を防止して電力系統保護制御システム等の制御システムの信頼性を向上させることができる。

【0570】そして、本発明によれば、サンプリング時の精密時刻を付加した精密時刻付きのデジタルデータを用いて保護制御演算等の制御演算を実行することができるため、そのデジタルデータ伝送時に生じる電気所等の制御所（機場）間の伝送遅延に影響されることなく、離間した制御所で取得されたデジタルデータを用いて制御演算を実行することが可能になり、電力系統保護制御システム等の制御システムの信頼性を向上させることができる。

【0571】一方、本発明によれば、例えば電力系統の複数の設備機器からサンプリングされた状態量に基づく精密時刻付きデジタルデータを、付加された精密時刻に応じて各制御装置毎に時系列的に整列して表示することができるため、電力系統等の制御対象を監視する監視員は、各設備機器から各制御装置を介してサンプリングした状態量を正確かつ同時に（同時刻で）比較することができ、電力系統保護制御システム等の制御システムの信頼性を向上させることができる。

【0572】また、例えば電力系統の各設備機器から各制御装置を介してサンプリングした状態量を単一の表示手段を介して一括して確認することができるため、従来における各制御装置の巡回作業に起因した監視員の負担および煩雑さを解消し、かつ従来、各制御装置において必要であった表示器を削除することも可能になり、経済性を向上させ、かつ省力化を図ることができる。

【0573】さらに、本発明によれば、例えば電力系統の複数の設備機器からサンプリングされた実際の状態量に基づく精密時刻付きデジタルデータに基づいて試験状態量を生成し、被試験装置（保護制御装置）の試験に供することができるため、従来不可能であった複雑な系統事故に基づく状態量に対応する試験状態量、複雑かつ

重潮流化した電力系統で起こり得る系統事故に基づく状態量に対応する試験状態量および日中の系統の潮流変化や系統運用の変化等に対応した試験状態量を非常に容易に生成して被試験装置に印加することができる。したがって、被試験装置および電力系統保護制御システムの動作確認試験に関する信頼性および経済性を高めることができる。

【0574】そして、本発明によれば、各保護制御装置は、通常の制御演算手段の故障判定機能とは別個に、変換手段により変換されたデジタルデータに基づいて保護制御対象となる設備機器および非保護制御対象となる設備機器に対して故障が発生したか否かを判定し、故障が起こったと判定した際に、サンプリングしたデジタルデータに対してサンプリング時の精密時刻を付加して記録かつ通信ネットワークへ送出する機能を有しており、通信ネットワークを介して送られたデジタルデータを受信して整列し、表示または試験状態量を生成することができる。

【0575】したがって、従来行なうことができなかった保護制御対象に対する故障発生時に正不動作となった保護制御装置で取得された状態量の記録、確認および解析作業や、その正不動作となった保護制御装置で取得された状態量に対応する試験状態量を用いた被試験装置の動作確認試験をそれぞれ行なうことができるため、系統事故発生時において、保護制御対象に関係なく全ての保護制御装置を通じて得られた例えば電力系統全体の状態量を使用した総合的な解析作業、および動作確認試験を行なうことが可能になり、電力系統保護制御システム全体の信頼性を大幅に向上させることができる。

【0576】さらに、本発明によれば、系統模擬装置を用いることなく実際の例えば電力系統における各設備機器の状態量に対応するデジタルデータを用いて被試験装置である保護制御装置や、実際に動作中の保護制御装置の動作確認試験を行なうことができるため、電力系統保護制御システムの動作確認試験に関する信頼性および経済性を向上させることができる。

【0577】そして、本発明によれば、固定した送電線定数を用いることなく、かつ保護制御装置とは別個の測定装置を用いることなく、複数の保護制御装置間において同一時刻でサンプリングされた状態量に基づくデジタルデータを用いて保護制御演算処理を行なうことにより送電線定数を定期的あるいは随時測定することができ、測定した送電線定数を用いて測距インピーダンスを算出して事故判定処理を行なうことができるため、事故検出精度を向上させて電力系統保護制御システムの信頼性を高めるとともに、電力系統保護制御システムのコストを低減させることができる。

【0578】また、本発明によれば、複数のCPUにおける一方のCPUにより通信ネットワークを介したデータ入出力処理および制御要求（プログラムモジュール）

解析処理を実行させ、他方のCPUに状態量に基づくデジタルデータ収集処理および保護制御演算処理を実行させることにより、上記通信ネットワークを介したデータ入出力処理および制御要求解析処理と、状態量に基づくデジタルデータ取得処理および保護制御演算処理とを簡単に両立して行なうことができ、電力系統保護制御システムの保護制御動作効率を向上させることができる。

【0579】さらに、本発明によれば、電力系統と複数の保護制御装置との間の状態量や動作指令信号等の受け渡しを、複数の保護制御装置を相互接続する通信ネットワークとは別個の第2の通信ネットワークを介して行なうことができるため、上記複数の保護制御装置を相互接続する通信ネットワークを介して状態量が送られることを防止してその処理負荷を大幅に低減させることができる。また、電力系統と複数の保護制御装置との間に存在する多数の信号受け渡し用の線を削除しているため、その多数の専用線に関する設備コストおよび多数の専用線接続に関する作業が不要になり、電力系統保護制御システムの設備コストおよび電力系統保護制御システム構築に関する作業量を低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係わる電力系統の単線結線図を含む電力系統保護制御システムの機能ブロック図。

【図2】第1実施形態の電気量変換機器のデジタル形保護制御部のハードウェア構成を示す図。

【図3】第1実施形態の遮断器のデジタル形保護制御部のハードウェア構成を示す図。

【図4】第1実施形態のデジタル形保護制御装置のハードウェア構成を示す図。

【図5】第1実施形態の電力系統保護制御システムの全体動作を説明するための処理の一例を示す概略フローチャート。

【図6】第1実施形態の電力系統保護制御システムにおける電気量(Ia、Va)の状態遷移を説明するための図。

【図7】複数のパラメータを含む絶対時刻付きの電気量データを概念的に示す図。

【図8】第1実施形態においてサンプリング周期毎に送られRAMに格納された電気量データDi(t)、Dv(t)を概念的に示す図。

【図9】図5に示した電力系統保護制御システムの処理における整列処理に係わるサブルーチン処理の一例を示す概略フローチャート。

【図10】絶対時刻に応じてソートされた電気量データの表を概念的に示す図。

【図11】本発明の第2実施形態に係わる電力系統の単線結線図を含む電力系統保護制御システムの機能ブロック構成図。

【図12】第2実施形態における自己診断手段の診断項目、診断内容および診断方法の一部を示す図。

【図13】第2実施形態に係わる電力系統保護制御システムの処理の一例を示す概略フローチャート。

【図14】本発明の第3実施形態に係わる電力系統の単線結線図を含む電力系統保護制御システムの機能ブロック構成図。

【図15】第3実施形態における変電所Ts1～Ts3の電気量変換機器のハードウェア構成を示す図。

【図16】第3実施形態における変電所Ts1～Ts3の遮断器のハードウェア構成を示す図。

【図17】第3実施形態における変電所Ts4のデジタル形保護制御装置43のハードウェア構成を示す図。

【図18】本発明の第4実施形態に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロックを示す図。

【図19】第4実施形態のデジタル形保護制御装置および表示装置のハードウェア構成を示す図。

【図20】複数のパラメータを含む絶対時刻付きの電気量データを概念的に示す図。

【図21】第4実施形態においてサンプリング周期毎に送られRAMに格納された電気量データDv(t1～t3)を概念的に示す図。

【図22】本発明の第5実施形態に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロックを示す図。

【図23】第5実施形態のデジタル形保護制御装置および系統模擬装置のハードウェア構成を示す図。

【図24】第5実施形態の電力系統保護制御システムにおける電気量Vaの状態遷移を説明するための図。

【図25】本発明の第6実施形態の電力系統保護制御システムの機能ブロックを示す図。

【図26】第6実施形態のデジタル形保護制御装置および表示装置のハードウェア構成を示す図。

【図27】電力系統の一部の設備機器を含む単線結線図。

【図28】本発明の第7実施形態の電力系統保護制御システムの機能ブロックを示す図。

【図29】本発明の第8実施形態に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック図を示す図。

【図30】第8実施形態のデジタル形保護制御装置のハードウェア構成を示す図。

【図31】本発明の第9実施形態に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図32】図31に示す電力系統保護制御システムのハードウェア構成を示す図。

【図33】図31および図32に示す電力系統保護制御システムの処理の一例を示す概略フローチャート。

【図34】本発明の第10実施形態に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図35】(A)、(B)は、第10実施形態におけるサンプリングタイミングおよび時刻タイミングを表すタ

ムチャート。

【図36】本発明の第12実施形態に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図37】図36に示す電力系統保護制御システムの処理の一例を示す概略フローチャート。

【図38】本発明の第14実施形態に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図39】本発明の第15実施形態に係わる電力系統保護制御システムのハードウェア構成を示す図。

【図40】本発明の第16実施形態に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図41】本発明の第17実施形態に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図42】第17実施形態に係わる電力系統保護制御システムにおける絶対時刻タイミング信号、時刻データ、重畳信号および各種データをそれぞれ示すタイムチャート。

【図43】第17実施形態の変形例に係わる電力系統保護制御システムにおける絶対時刻タイミング信号、時刻データ、重畳信号および状態・電力量データ・自動点検指令等をそれぞれ示すタイムチャート。

【図44】本発明の第18実施形態に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図45】第18実施形態の第1変形例に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図46】第18実施形態の第2変形例に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図47】第18実施形態の第2変形例において、複数のデジタル形保護制御装置をツリー状に接続した構成を示す図。

【図48】第18実施形態の第2変形例において、複数のデジタル形保護制御装置をカスケード状に接続した構成を示す図。

【図49】第18実施形態の第2変形例において、複数のデジタル形保護制御装置をループ状に接続した構成を示す図。

【図50】第18実施形態の第2変形例において、複数のデジタル形保護制御装置を2重ループ状に接続した構成を示す図。

【図51】第18実施形態の第3変形例に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図52】第18実施形態の第4変形例に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図53】本発明の第19実施形態に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図54】図53に示す電力系統保護制御システムのハードウェア構成を示す図。

【図55】本発明の第20実施形態に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図56】本発明の第21実施形態に係わる電力系統保

護制御システムの処理の一例を示す概略フローチャート。

【図57】本発明の第24実施形態に係わる電力系統保護制御システムの機能ブロック構成を示す図。

【図58】本発明の第9～第24実施形態に係わる制御システムを適用可能な一般産業プラントの一例である鉄鋼の線条圧延プラントの概略構成を示す図。

【図59】本発明の第9～第24実施形態に係わる制御システムを適用可能な公共プラントの一例である上下水道プラントの概略構成を示す図。

【図60】従来の多入力用のデジタル保護制御装置（デジタルリレー）の基本的な構成を示す図。

【図61】デジタル保護制御装置（デジタルリレー）を電力系統の送電線や母線等の設備機器へ配置した際の単線結線図。

【図62】デジタル形保護制御装置の動作確認試験の種類を示す図。

【図63】受入試験の試験項目を示す図。

【図64】立地上の制約により遮断器が設置されていない電気所を含む複数電気所から構成された従来の電力系統保護制御システムを示す図。

【符号の説明】

2 アナログデジタル変換部

3、175、215 デジタル演算処理部

30、90、100、110、150、170、19

0、200、230、280、285、290、29

5、300、305、310、315 電力系統保護制

御システム

31、101、231 電力系統

35 電気量変換機器

36 遮断器

41、42 デジタル形保護制御部

43、43A、111A、111B、171A、171

B、201A、201B、201C、232a1、23

2a2 デジタル形保護制御装置

44、44A、113、234 通信ネットワーク

50、260 GPS受信部

50a、240a GPS受信アンテナ

51 電気量変換手段

52 電気量データ送信手段

55 機器状態送信手段

56 制御指令受信手段

57 開閉制御手段

60 データ受信手段

61、118、208A～208C 保護制御演算手段

62 制御指令出力手段

65、125、255 トランシーバ

66、126、256 イーサネットLAN

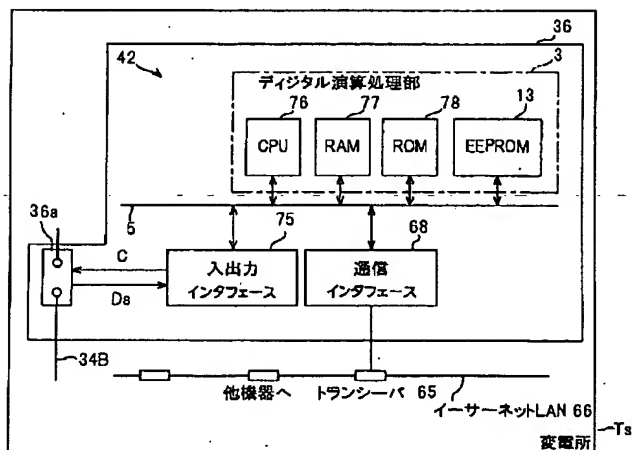
67、127 GPSインタフェース

68、128、160、261 通信インタフェース

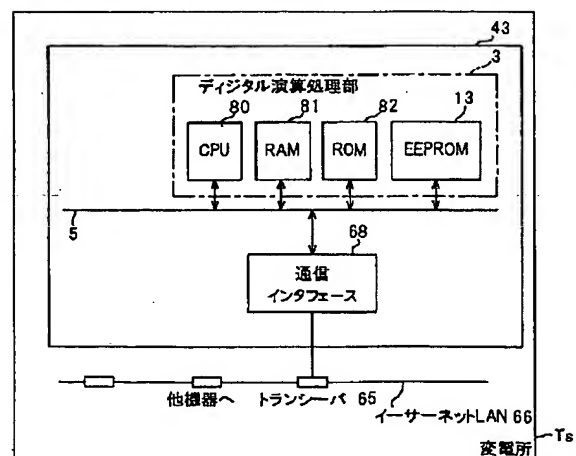
70、76、80、130、137、161、176、
216、265、265A1、265A2、272 CPU
71、77、81、131、177、217、266
RAM
72、78、82、132、178、218、267
ROM
4、75、135、165 入出力インタフェース
91 自己診断手段
92 自己診断結果送信手段
93 自己診断結果受信手段
94 ノット論理手段
95 AND論理手段
105、156 ルータ
106、157、258 広域ネットワーク
112 表示装置
115、240、240A、240B GPS受信手段
116、241 データ取得手段
117、174A、174B 送出手段
120、120A、205A～205C、242 受信
手段
121、206A～206C 整列手段
122 保存手段
123、209A～209C 表示手段
136、271 メモリ
138、219、213 モニタ
151 系統模擬装置
152 生成手段
153 被試験装置
154 出力手段
155 試験手段
164 デジタル・アナログ変換部
172A、172B 故障検出手段

173A、173B 動作情報記録手段
179、268 EEPROM
207A～207C 入力手段
233 表示操作装置
235(235A～235C) プログラムモジュール
243 プログラムモジュール実行手段
244 記憶手段
245 送信手段
250 プログラムモジュール保持手段
251 送受信手段
252 保護制御演算手段
253 演算結果表示手段
274 入力部
281 送電線定数測定手段
282 送電線定数記憶手段
296 絶対時刻確認部
301 絶対時刻重畳手段
302 絶対時刻分離手段
306 精密時刻計測手段
306a 地上波時刻情報受信部
306b 時刻情報位相補正部
311 代替用時刻計測手段
311a 代替用時刻発生部
311b 代替用時刻校正部
316 第2の通信ネットワーク
317 送受信部
Ts1～Ts4 変電所
Th 有人変電所
Tp 電気所
L 人工衛星
IP 線条圧延システム(プラント)
WP 上下水道システム(プラント)

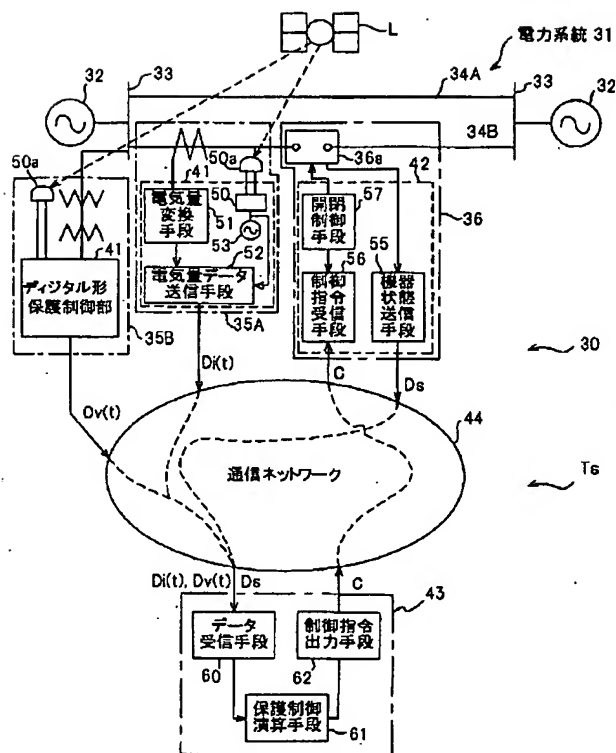
【図3】



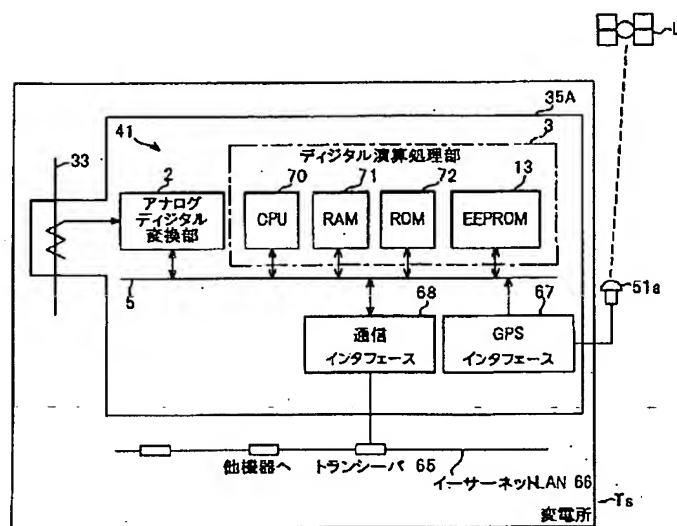
【図4】



【図1】



【図2】



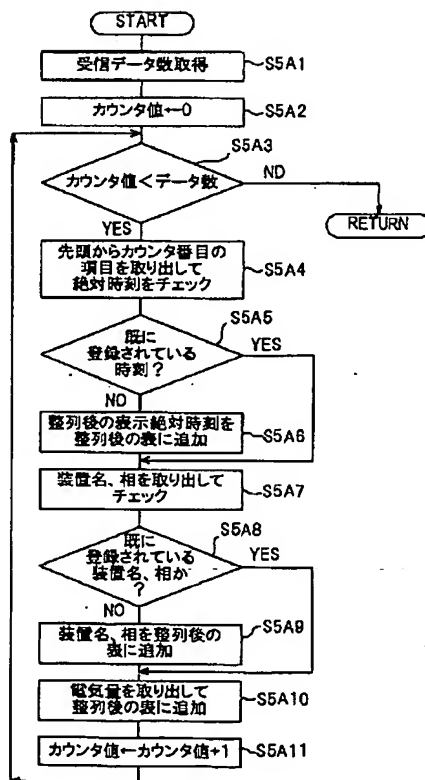
【図7】

	機器名	相	電圧量の 瞬時値	絶対時刻
D(t)	変流器35A	Ia	1.5A	1997年7月11日14時35分45.0000000秒
	機器名	相	電圧量の 瞬時値	絶対時刻
Dv(t)	変圧器35B	Va	63.5V	1997年7月11日14時35分45.0000000秒

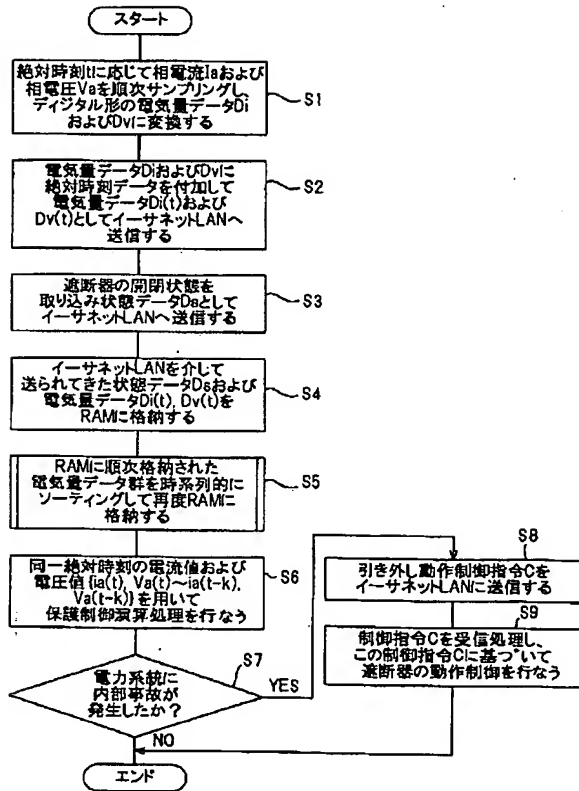
【图8】

	機器名	相	電圧量の 瞬時値	絶対時刻
OK(t)	変流器35A	Ia	1.5A	1997年7月11日14時35分44.99989997秒
Dv(t)	変圧器35B	Va	50.0V	1997年7月11日14時35分44.99899998秒
DI(t)	変流器35A	Ia	1.4A	1997年7月11日14時35分44.99999998秒
Dv(t)	変圧器35B	Va	62.5V	1997年7月11日14時35分44.99999997秒

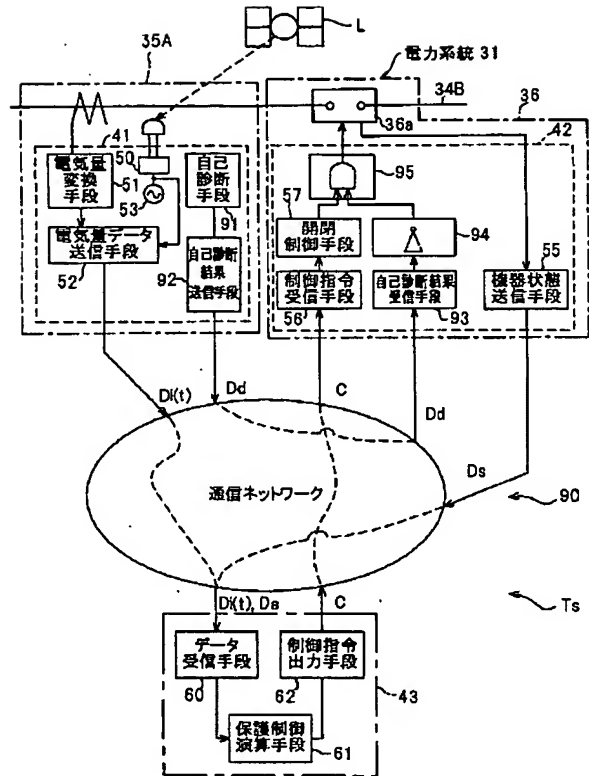
【图9】



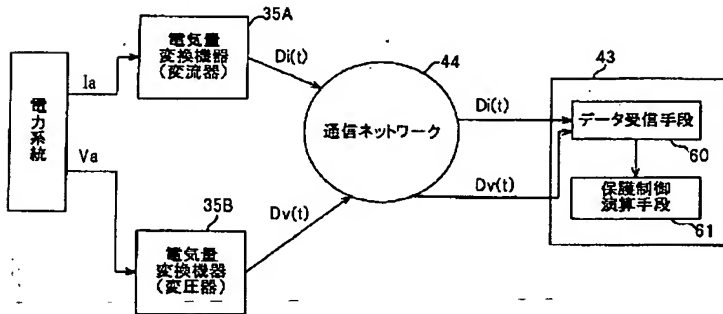
【図5】



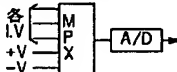

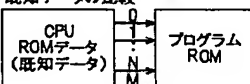
【図 1 1】



【図6】



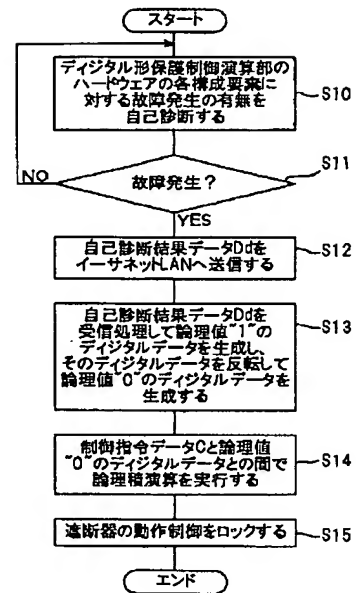
【図 12】

自己診断項目	内容	方法
A/D精度	MPXのチャンネル切換機能、及び、A/D変換精度チェック	<p>所定のDC信号をMPXの所定Channelに入れ、そのA/D変換値を換出チェック $+V_i$、$-V_i$なる正、負のデータをチェック</p> 
RAM	データメモリの読出し、書き込みのチェック	<p>R1 (X'AAAA') (X'5555') R2 (X'AAAA') (X'5555')</p> <p>R1=R2 (不成立時不良) メモリ(1)~(n)を各1ワードづつチェック</p> 
ROM	プログラムメモリのデータチェック	<p>読出したROMデータの総和と既知データの比較</p>  <p> N Σ ROMデータ=M $n=0$ (不成立時不良) </p>

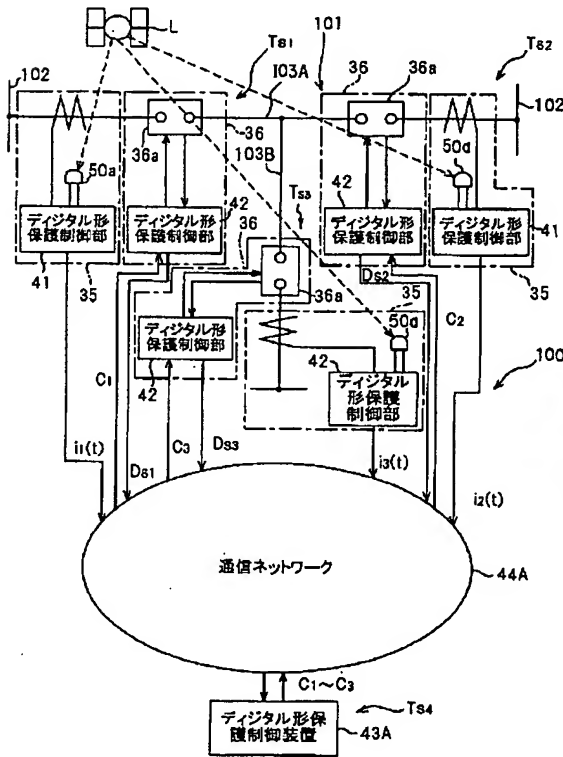
【図 10】

	絶対時刻	機器名	瞬時値	機器名	瞬時値
Di(t-m), Dv(t-m)	1997年7月11日14時35分44.89999997秒	変流器 35A	Ia(t-m)1.5A	変圧器 35B	Va(t-m)52.5V
Di(t-m+1), Dv(t-m+1)	1997年7月11日14時35分44.89999998秒	変流器 35A	Ia(t-m+1)1.4A	変圧器 35B	Va(t-m+1)53.5V
Di(t), Dv(t)	1997年7月11日14時35分45.(x)秒	変流器 35A	Ia(t) yA	変圧器 35B	Va(t)ZV

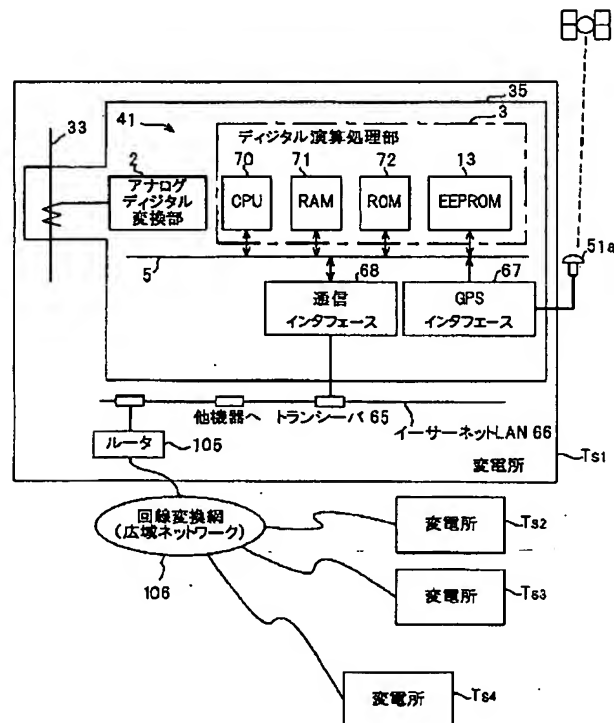
【図 13】



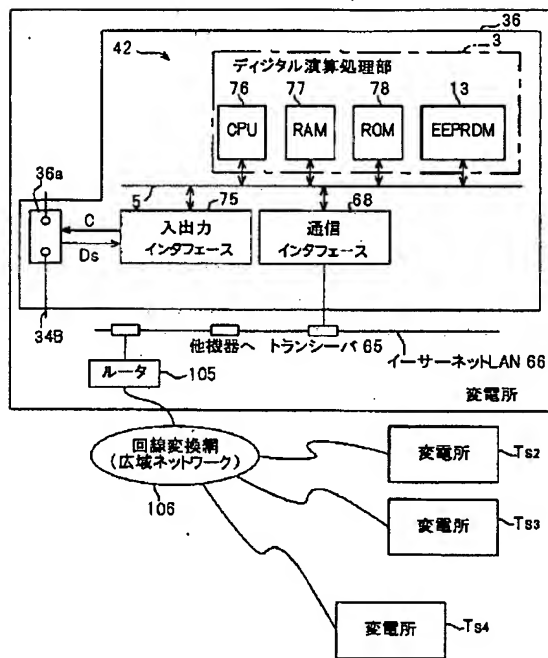
【図 14】



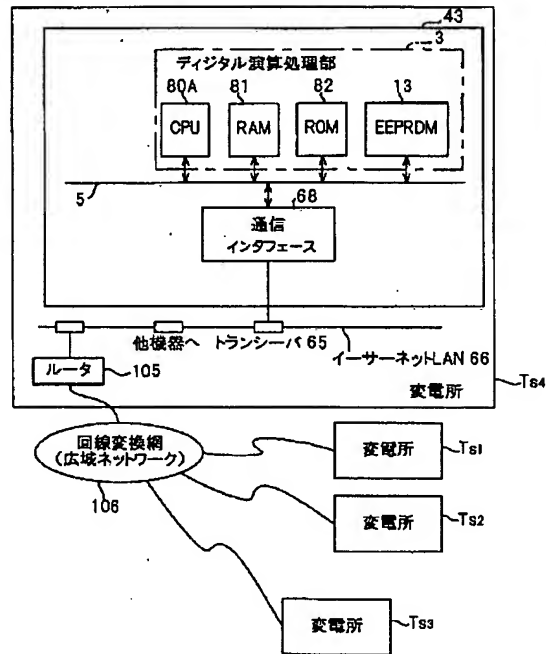
【図15】



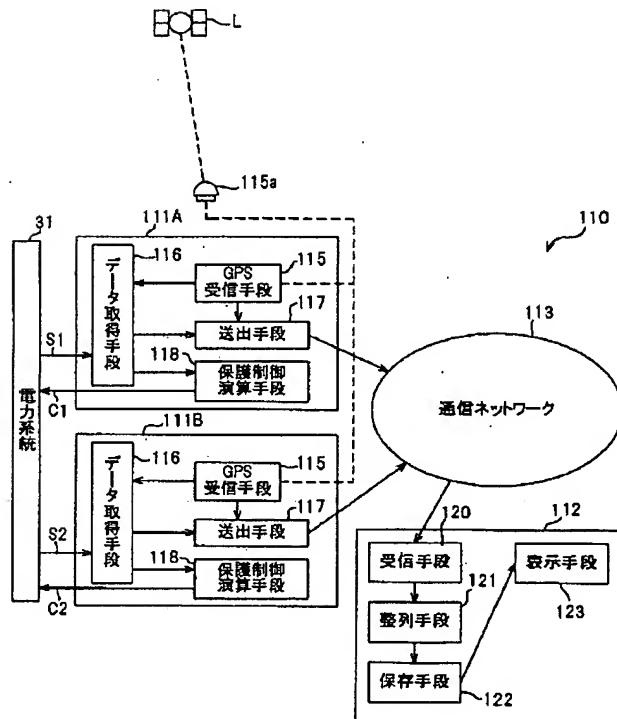
【図16】



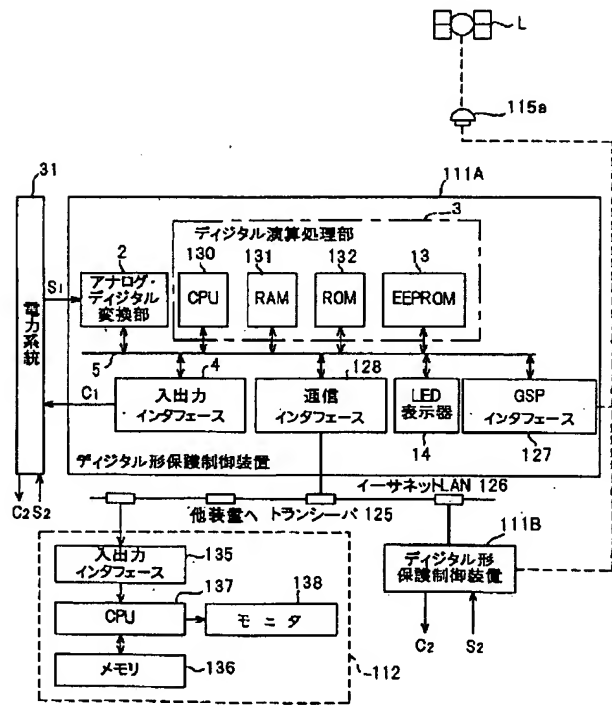
【図17】



【図18】



【図19】



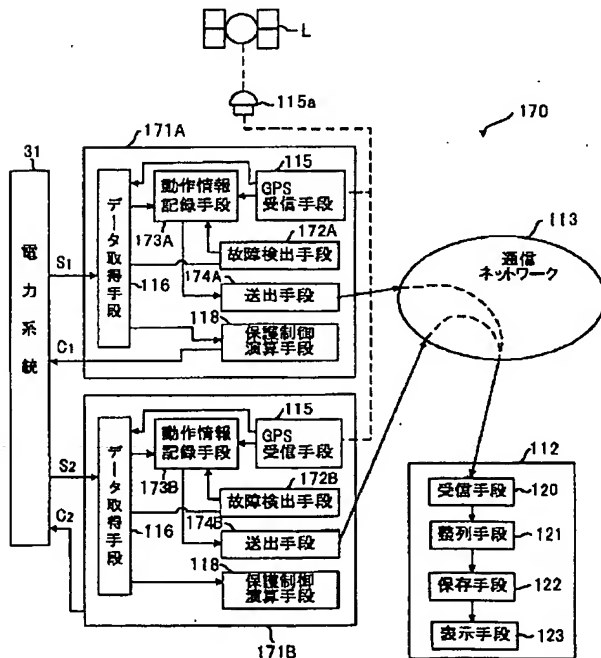
【図20】

	装置名	相	電圧	時刻
Dva1(t1)	装置 111A	Va	20V	1997年7月11日14時30分45.2500000秒
Dva2(t1)	装置 111B	Va	20V	1997年7月11日14時30分45.2500000秒
Dvb1(t1)	装置 111A	Vb	10V	1997年7月11日14時30分45.2500000秒
Dvc1(t1)	装置 111A	Vc	20V	1997年7月11日14時30分45.2500000秒
Dva1(t2)	装置 111A	Va	21V	1997年7月11日14時30分45.2516666秒
Dvb1(t2)	装置 111A	Vb	9V	1997年7月11日14時30分45.2516666秒
Dvb2(t1)	装置 111B	Vb	10V	1997年7月11日14時30分45.2500000秒
Dvc2(t1)	装置 111B	Vc	20V	1997年7月11日14時30分45.2500000秒
Dva1(t2)	装置 111A	Vc	19V	1997年7月11日14時30分45.2516666秒
Dva2(t2)	装置 111B	Va	21V	1997年7月11日14時30分45.2516666秒
Dva1(t3)	装置 111A	Va	22V	1997年7月11日14時30分45.2533333秒
Dvb1(t3)	装置 111A	Vb	8V	1997年7月11日14時30分45.2533333秒
Dvc1(t3)	装置 111A	Vc	18V	1997年7月11日14時30分45.2533333秒
Dvb2(t2)	装置 111B	Vb	9V	1997年7月11日14時30分45.2516666秒
Dvc2(t2)	装置 111B	Vc	19V	1997年7月11日14時30分45.2516666秒
Dva2(t3)	装置 111B	Va	22V	1997年7月11日14時30分45.2533333秒
Dvb2(t3)	装置 111B	Vb	8V	1997年7月11日14時30分45.2533333秒
Dvc2(t3)	装置 111B	Vc	18V	1997年7月11日14時30分45.2533333秒

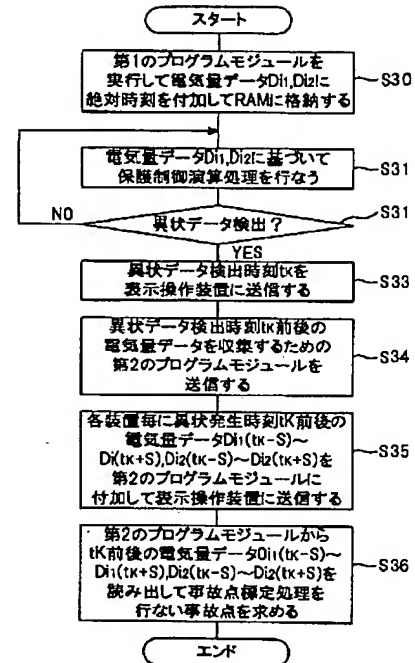
【図21】

	時刻	装置 111A	装置 111B
Dv(t1)	t1: 1997年7月11日14時30分45.2500000秒	Va 20V Vb 10V Vc 20V	Va 20V Vb 10V Vc 20V
Dv(t2)	t2: 1997年7月11日14時30分45.2516666秒	Va 21V Vb 9V Vc 19V	Va 21V Vb 9V Vc 19V
Dv(t3)	t3: 1997年7月11日14時30分45.2533333秒	Va 22V Vb 8V Vc 18V	Va 22V Vb 8V Vc 18V

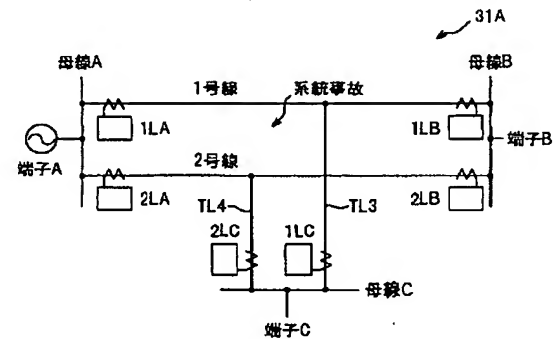
【図25】



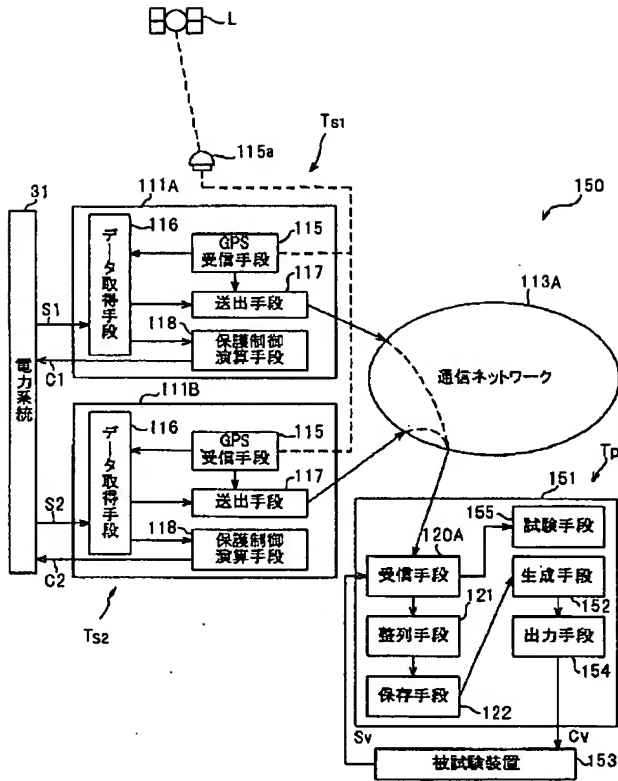
【図33】



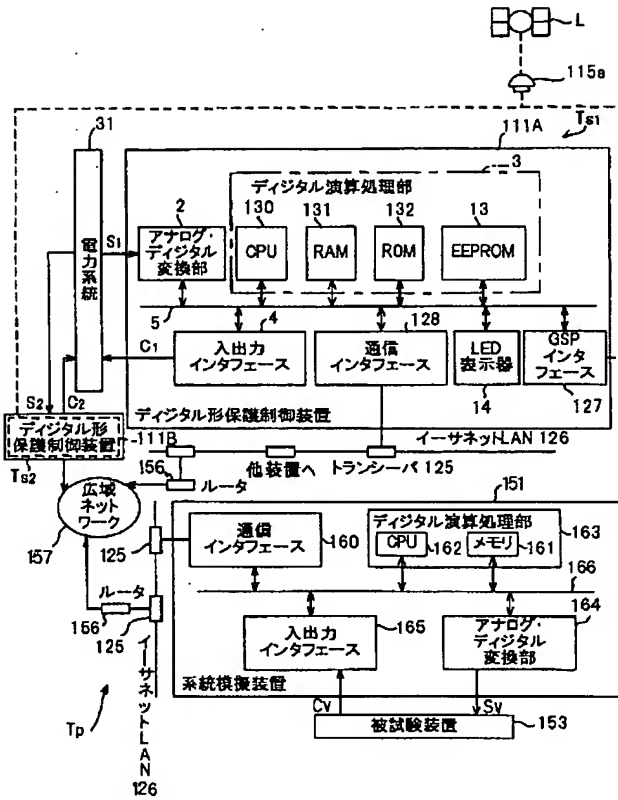
【図27】



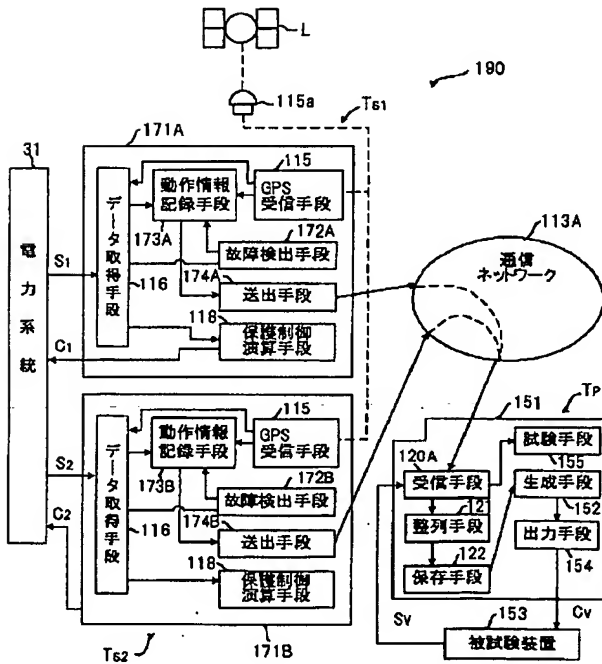
【図22】



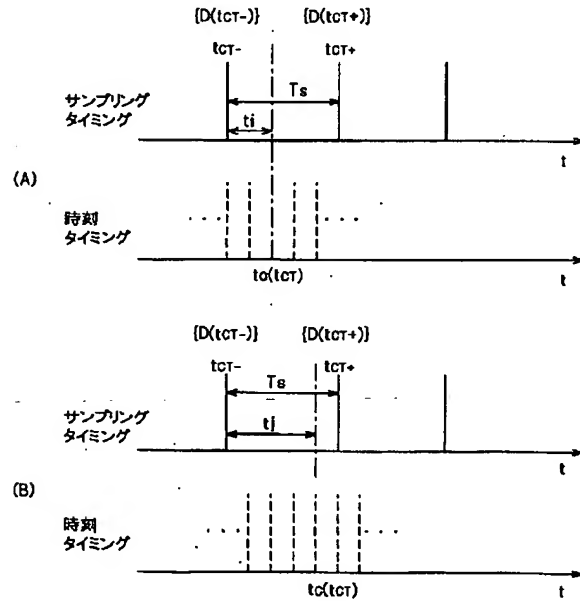
【図23】



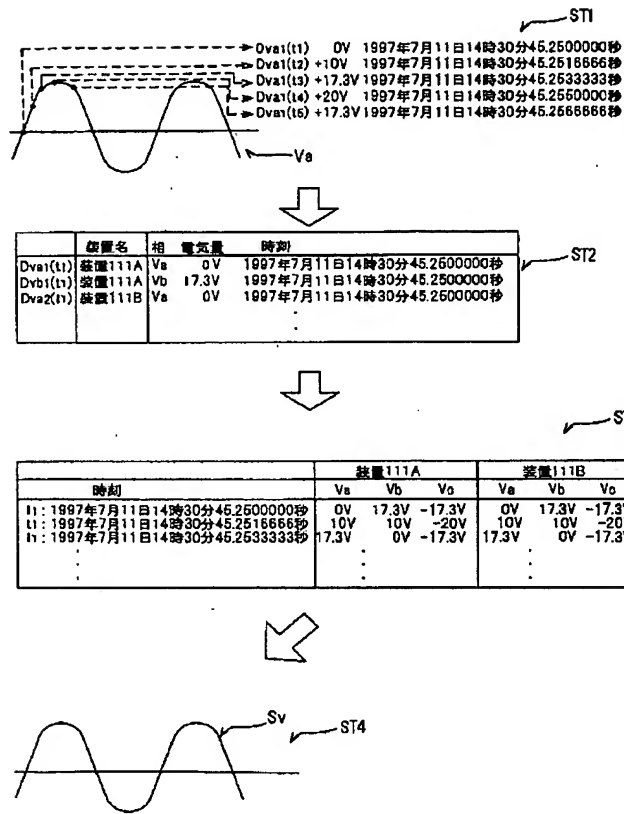
【図28】



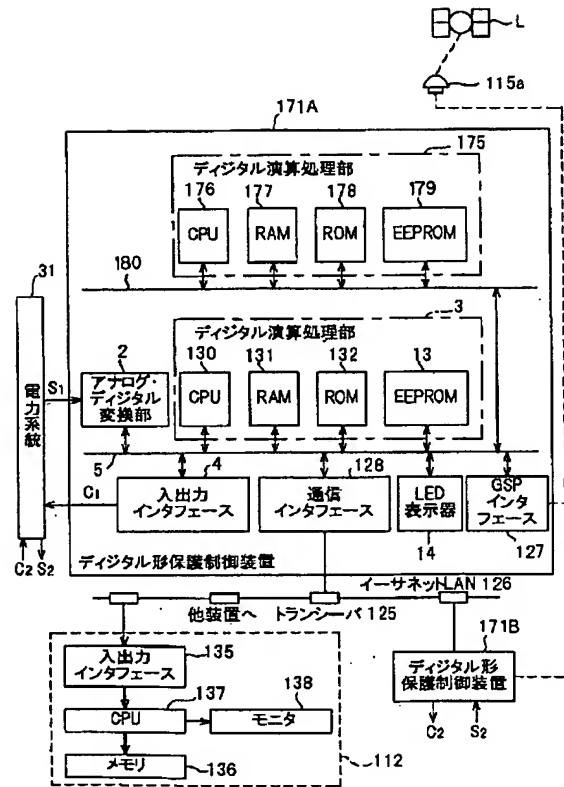
【図35】



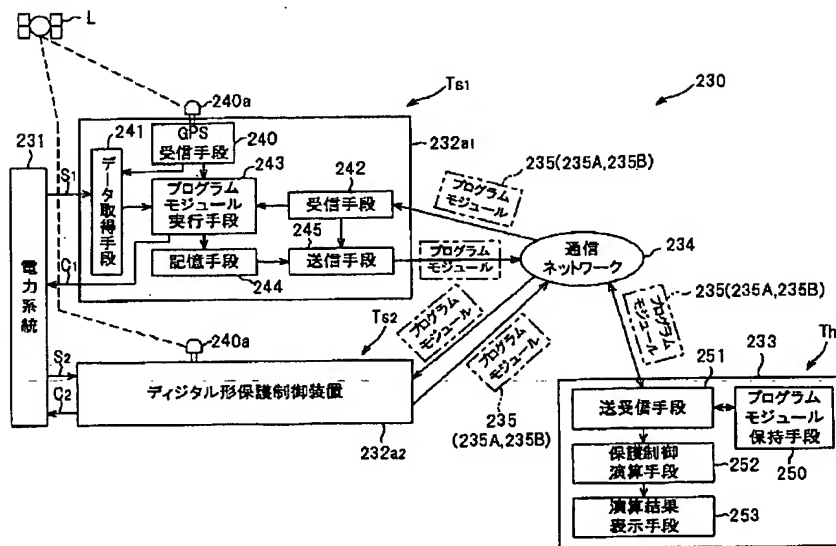
【図24】



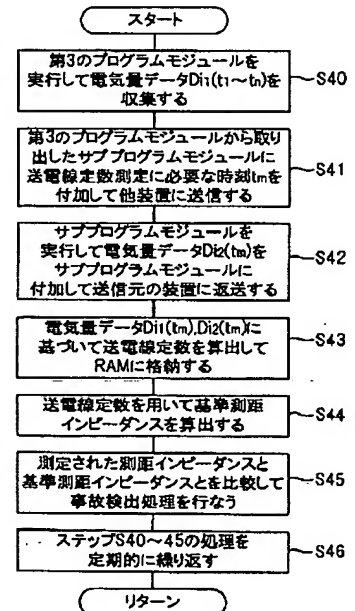
【図26】



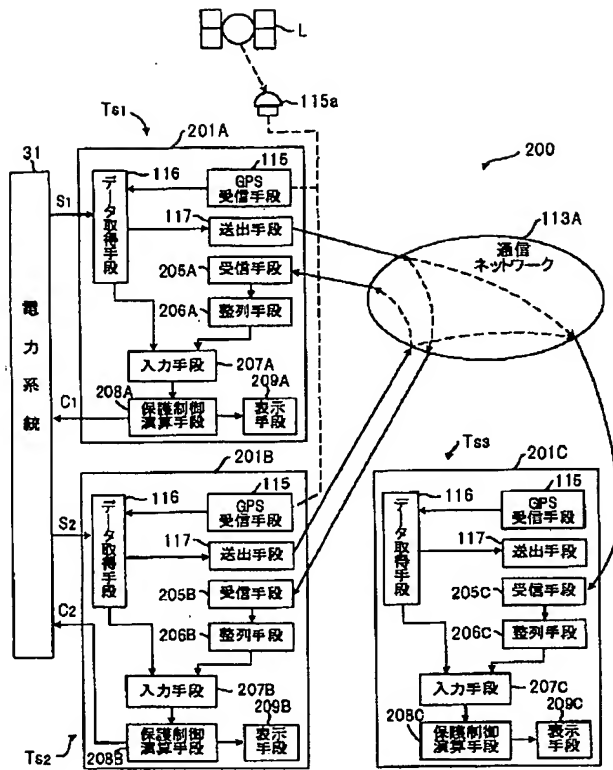
【図31】



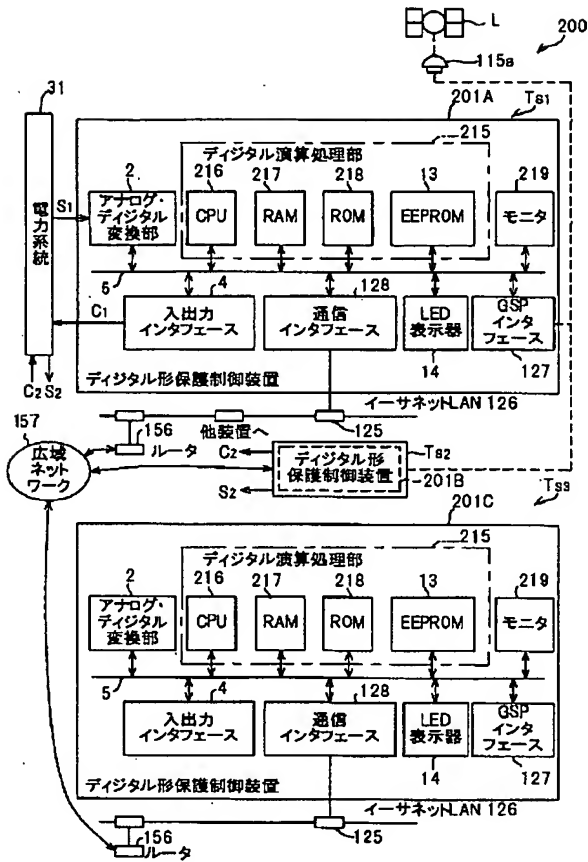
【図37】



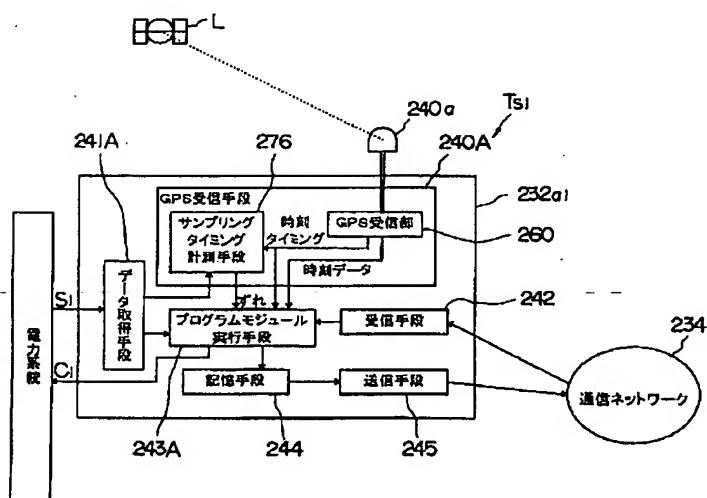
【図29】



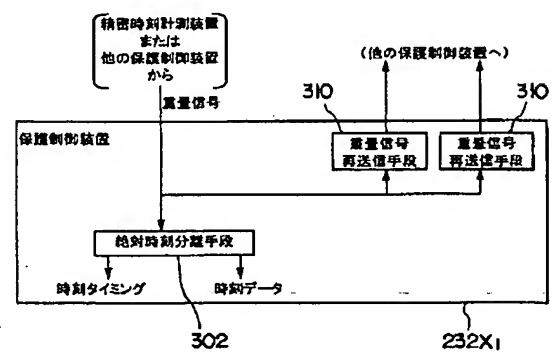
【図30】



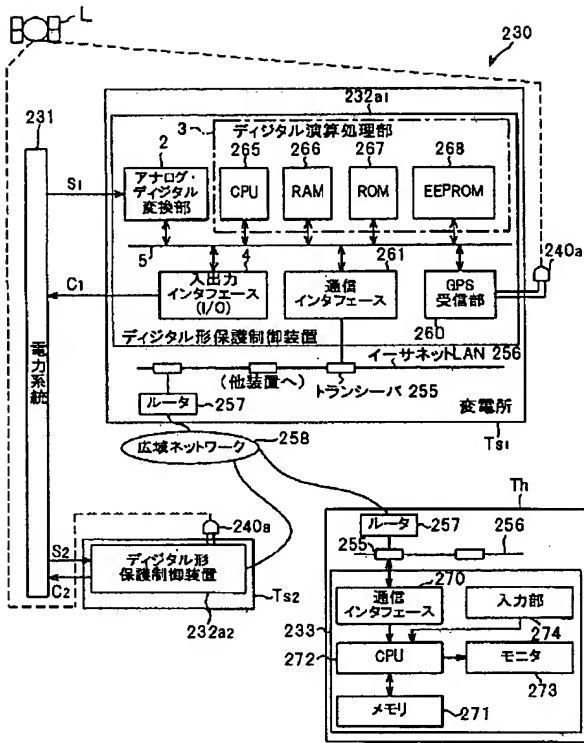
【図34】



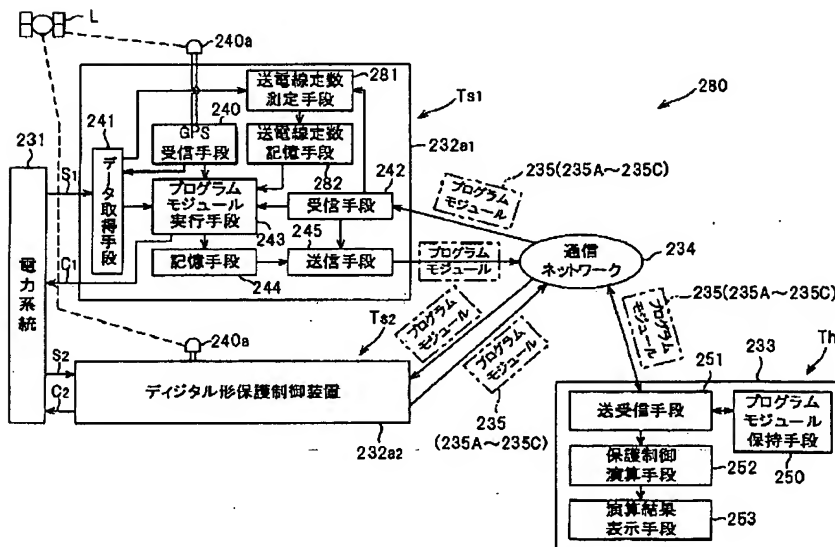
【図46】



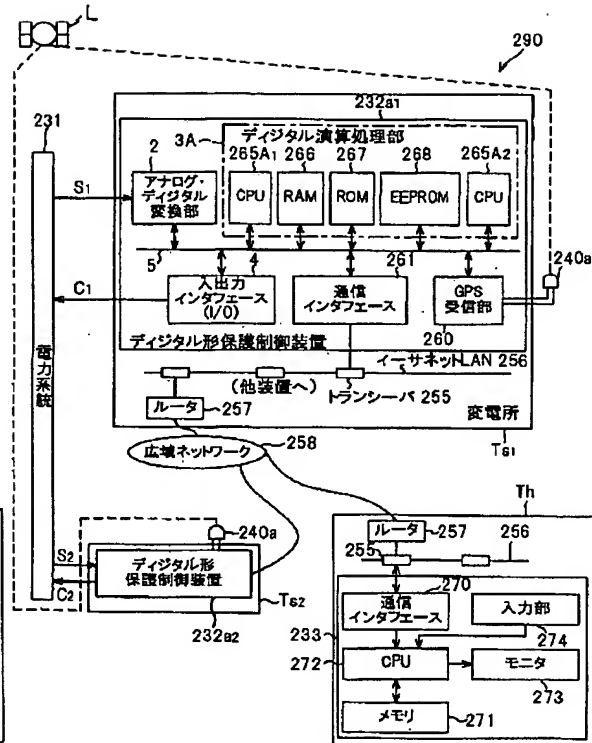
【図32】



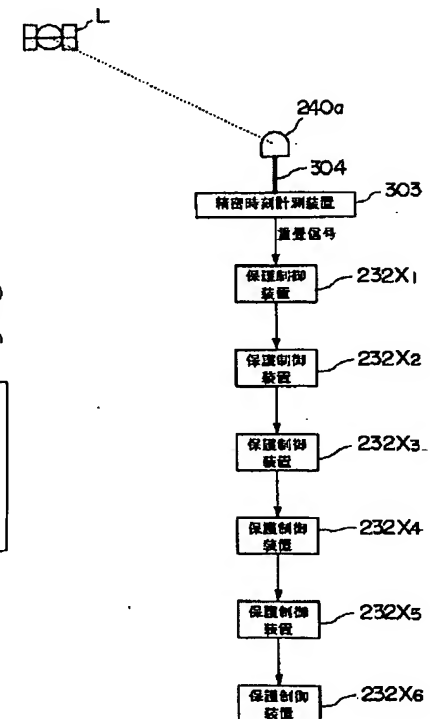
【図36】



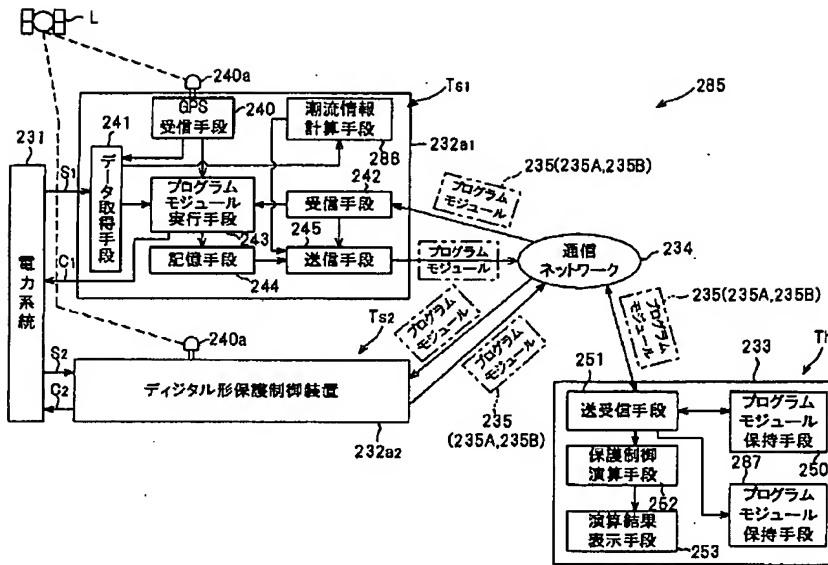
【図39】



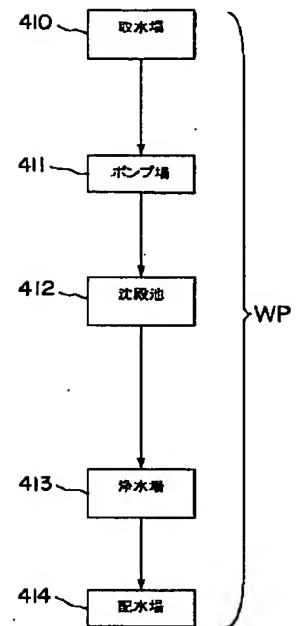
【図48】



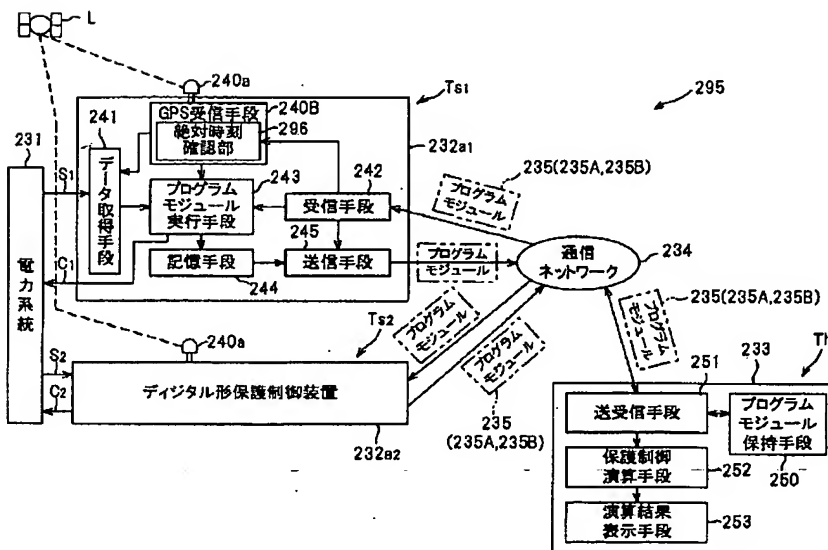
【図38】



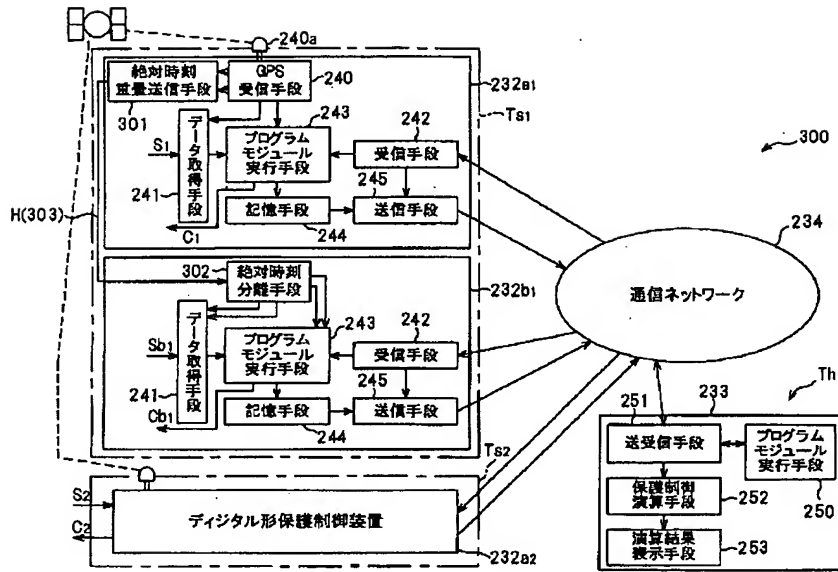
【図59】



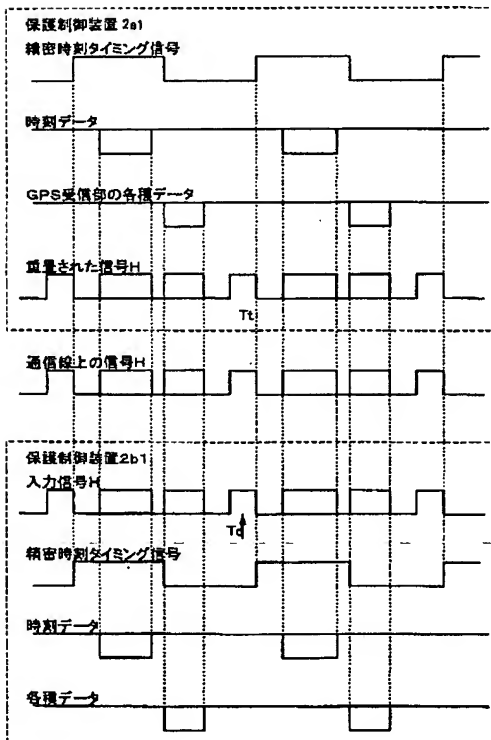
【図40】



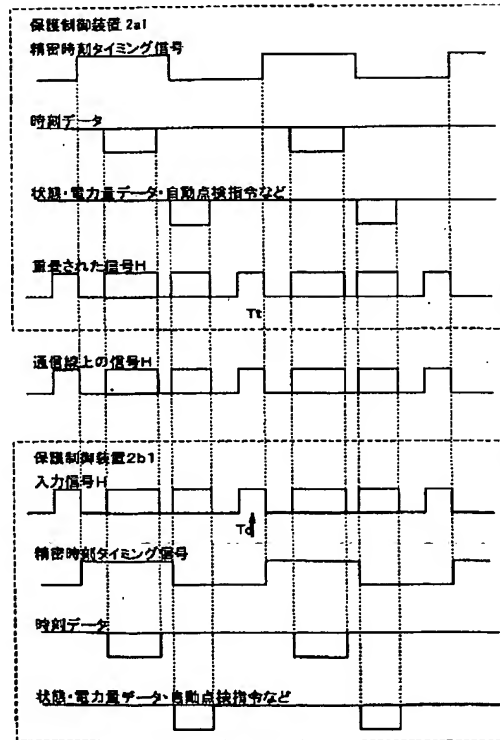
【図41】



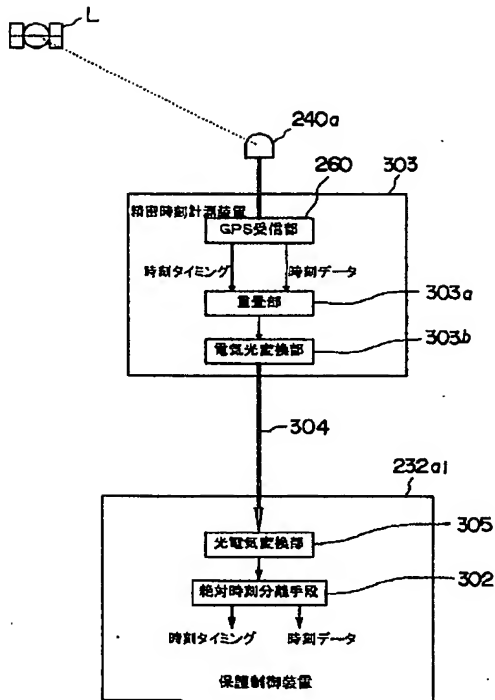
【図42】



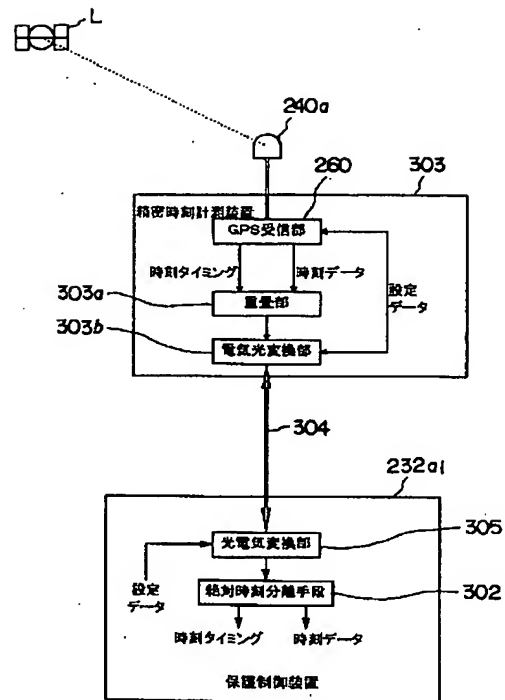
【図43】



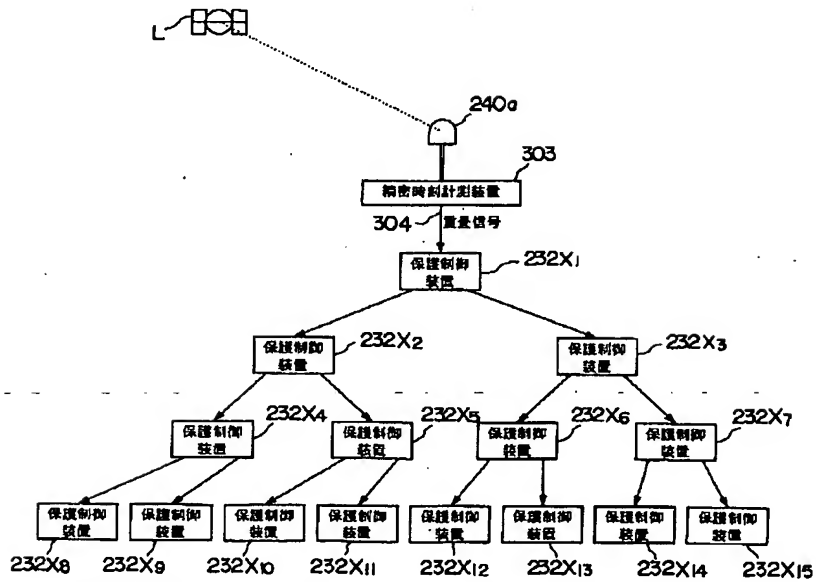
【図44】



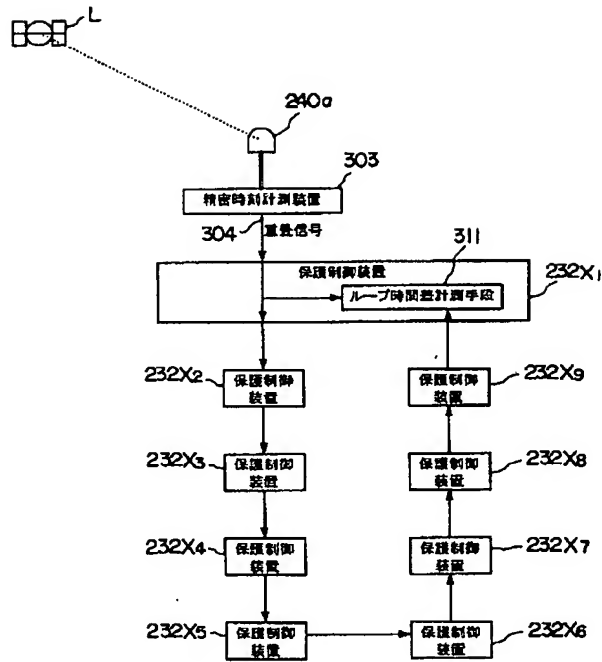
【図45】



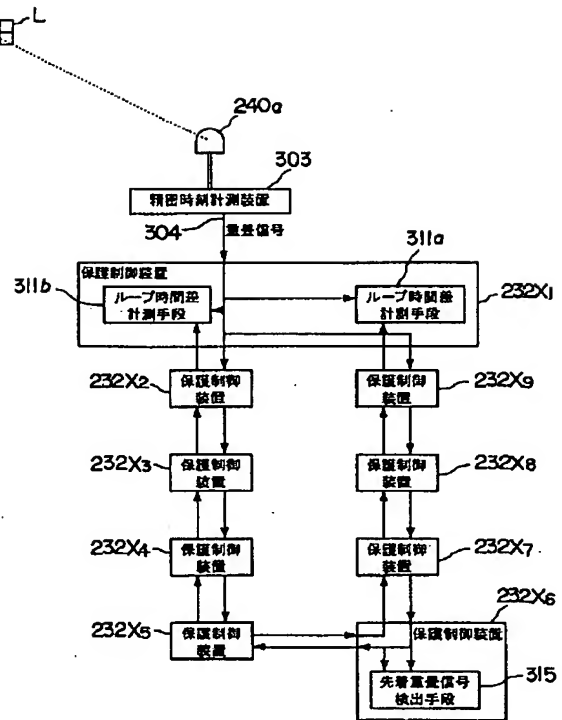
【図47】



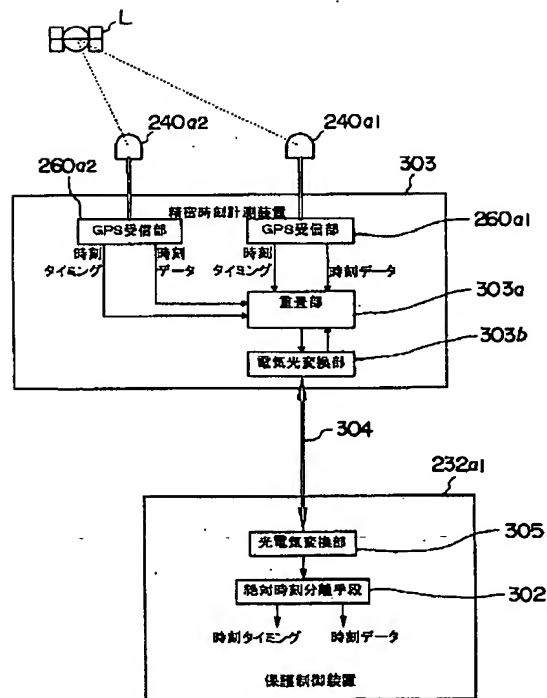
【図49】



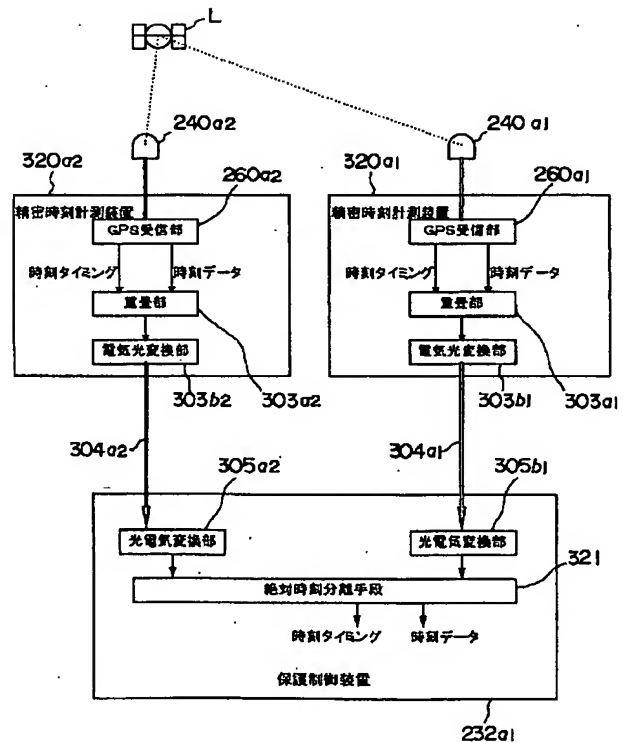
【図50】



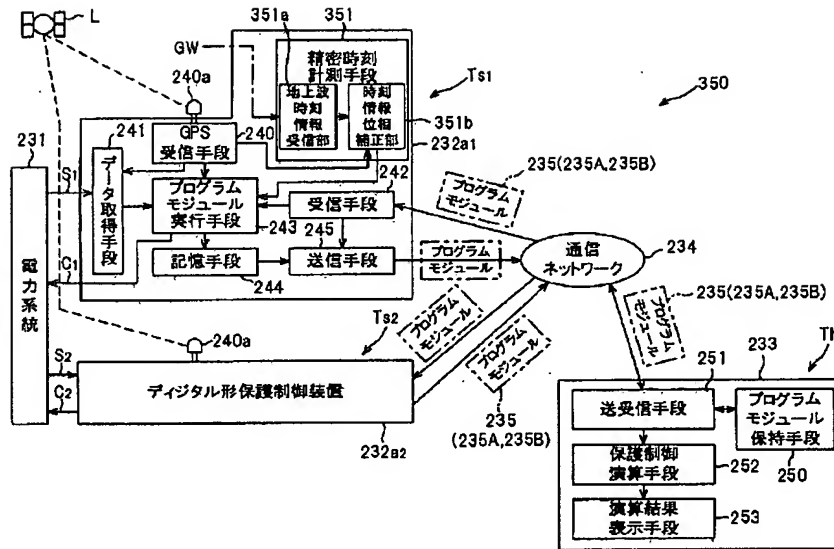
【図51】



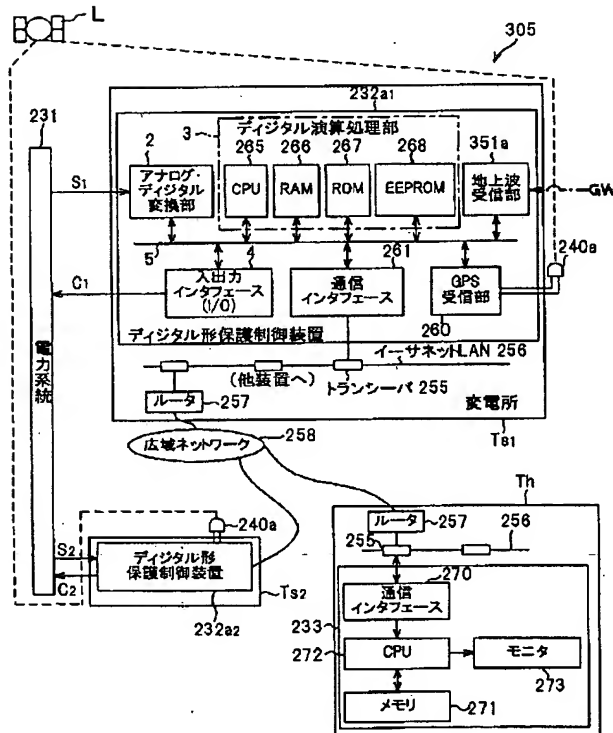
【図52】



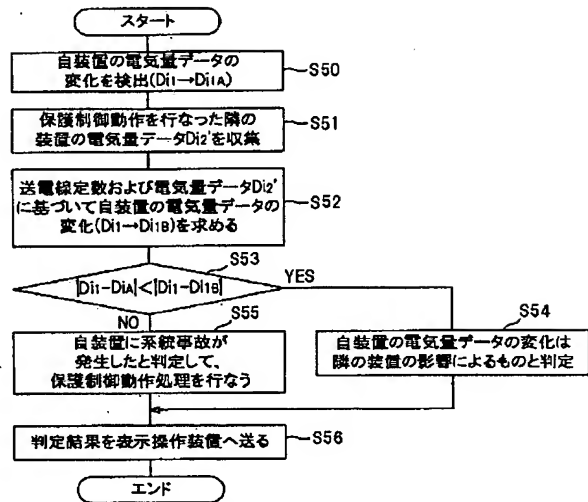
【図53】



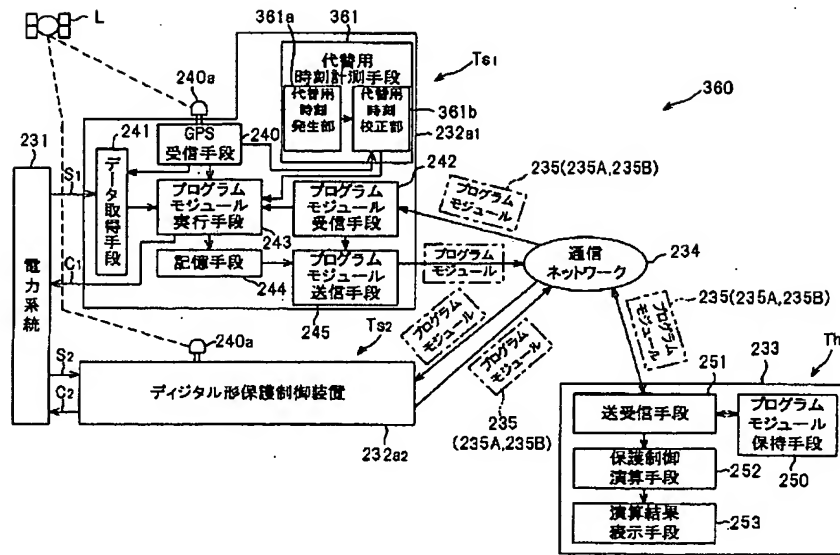
【図54】



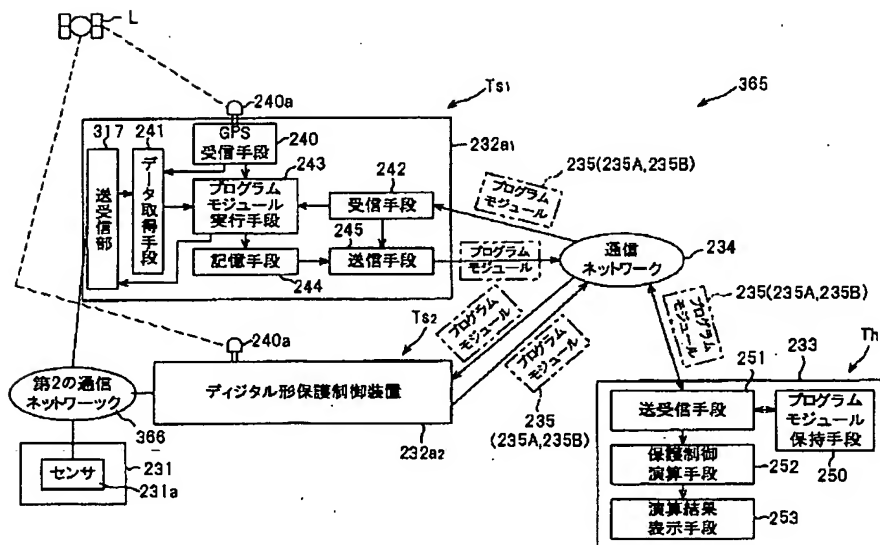
【図56】



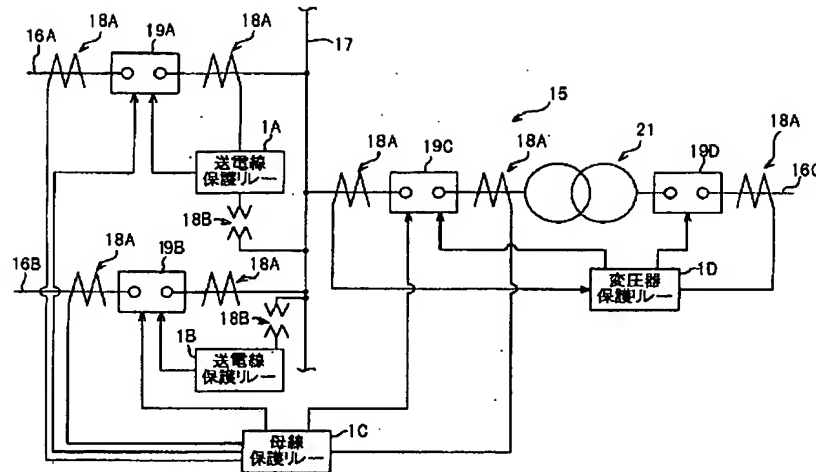
【図55】



【図57】



【図61】



【図63】

受け入れ試験の試験項目	
・構造検査	リレーユニットの構造、形状、組立てが設計図どおりに製作されていることを確認する。
・リレー特性試験	リレーに試験電圧を印加し、リレーの諸特性を確認する。
・直流シーケンス試験	主リレーおよび補助リレーを動作させて、直流制御回路と表示、警報回路の機能を確認する。
・交流シーケンス試験	試験用交流入力を用い、リレーの相順、極性を確認する。
・自動監視試験	ユニット内の部品の故障を模擬し自動監視用の表示、警報回路の機能を確認する。
・総合動作試験	試験用電圧を定常状態から系統の事故時と同様な状態に急変印加し、総合的な機能を確認する。
・負荷測定	常時の使用状態のもとに試験電圧（定格電圧、電流）を印加し、その負荷を測定する。
・絶縁抵抗試験	絶縁抵抗を測定する。
・交流耐電圧試験	回路電圧に応じた商用周波数電圧を印加し装置が耐えられる事を確認する。
・電波ノイズ試験	電波ノイズを装置前面、裏面、側面から照射し、誤出力がないことを確認する。

【手続補正書】

【提出日】平成11年4月8日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項15

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項15】産業プラントや公共プラント等の制御対

象プラントに係わる状態量に基づいて演算処理を行ない前記制御対象プラントの制御を行なう複数の分散配置された制御装置を通信ネットワークを介してデータ送受信可能に相互接続して構成された制御システムにおいて、前記各制御装置は、略一定周期の信号を取得する周期信号取得手段と、前記制御対象プラントに係わる状態量を前記周期信号取得手段により取得された周期信号に応じ

て他の制御装置と同一のタイミングで順次サンプリングしてデジタルデータを収集するデジタルデータ収集手段と、このデジタルデータ収集手段により収集されたデジタルデータに対して、前記周期信号に基づく前記サンプリング時の時刻を付加し、時刻付きのデジタルデータとして順次記憶する記憶手段とを備えたことを特徴とする制御システム。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 3 1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項 3 1】前記電力系統と前記各保護制御装置との間を前記通信ネットワークとは別個の第 2 の通信ネットワークを用いて接続し、前記電力系統の状態量を前記第 2 の通信ネットワークを介して前記各保護制御装置へ供給するようにしたことを特徴とする請求項 1 6 記載の電力系統保護制御システム。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 8 1

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 8 1】上述した課題を解決するために、本発明の第 6 の態様に係る制御システムによれば、産業プラントや公共プラント等の制御対象プラントに係わる状態量に基づいて演算処理を行ない前記制御対象プラントの制御を行なう複数の分散配置された制御装置を通信ネットワークを介してデータ送受信可能に相互接続して構成された制御システムにおいて、前記各制御装置は、略一定周期の信号を取得する周期信号取得手段と、前記制御対象プラントに係わる状態量を前記周期信号取得手段により取得された周期信号に応じて他の制御装置と同一のタイミングで順次サンプリングしてデジタルデータを収集するデジタルデータ収集手段と、このデジタルデータ収集手段により収集されたデジタルデータに対して、前記周期信号に基づく前記サンプリング時の時刻を付加し、時刻付きのデジタルデータとして順次記憶する記憶手段とを備えている。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 3 8 6

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 3 8 6】このとき、保護制御装置 2 3 2 a 1 の CPU 2 6 5 は、EEPROM 2 6 8 に記憶された自保護制御装置 2 3 2 a 1 の GPS 受信アンテナ 2 4 0 a の 3 次元位置を読み出し、読み出した 3 次元位置を GPS データと共に GPS 受信部 2 6 0 に供給する。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 5 4 6

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 5 4 6】また、各保護制御装置 2 3 2 a 1、2 3 2 a 2 は、第 2 の通信ネットワーク 3 6 6 とデータ取得手段 2 4 1（ハードウェア的には、アナログ・デジタル変換部 2）およびプログラムモジュール実行手段 2 4 3（ハードウェア的には I/O インタフェース 4）との間で電気量および動作指令を送受信する送受信部（インタフェース回路）3 6 7 をそれぞれ備えている。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 5 5 0

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 5 5 0】また、電力系統 2 3 1 におけるセンサ 2 3 1 a などの電気量取得用設備機器や部機器動作用設備機器の数は非常に多くても、それら設備機器と保護制御装置 2 3 2 a 1、2 3 2 a 2 との間を 1 本の通信ネットワーク 3 6 6 を介して接続しているため、電力系統保護制御システムにおける多数の専用線に関する設備コストおよび多数の専用線接続に関する作業が不要になり、電力系統保護制御システム構築に関する作業量の低下、および電力系統保護制御システムの設備コストの低減に寄与することができる。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】符号の説明

【補正方法】変更

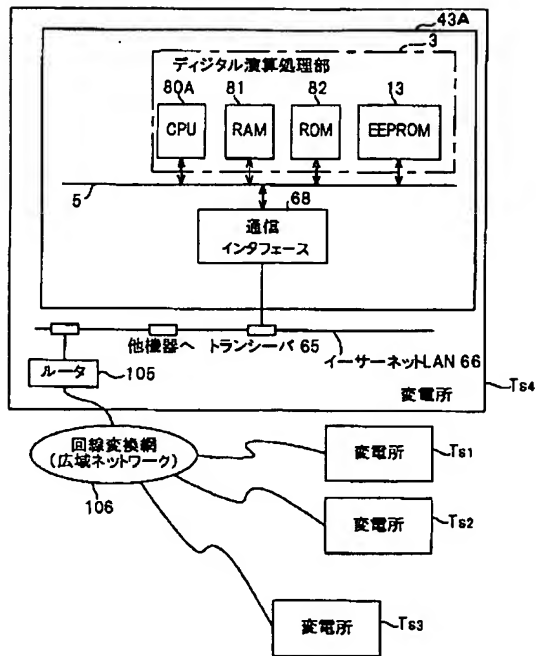
【補正内容】

【符号の説明】

2 アナログデジタル変換部
3、3 A、1 7 5、2 1 5 デジタル演算処理部
3 0、9 0、1 0 0、1 1 0、1 5 0、1 7 0、1 9 0、2 0 0、2 3 0、2 8 0、2 8 5、2 9 0、2 9 5、3 0 0、3 5 0、3 6 0、3 6 5 電力系統保護制御システム
3 1、1 0 1、2 3 1 電力系統
3 5 電気量変換機器
3 6 遮断器
4 1、4 2 デジタル形保護制御部
4 3、4 3 A、1 1 1 A、1 1 1 B、1 7 1 A、1 7 1 B、2 0 1 A、2 0 1 B、2 0 1 C、2 3 2 a 1、2 3 2 a 2 デジタル形保護制御装置
4 4、4 4 A、1 1 3、2 3 4 通信ネットワーク
5 0、2 6 0 GPS 受信部
5 0 a、2 4 0 a GPS 受信アンテナ
5 1 電気量変換手段
5 2 電気量データ送信手段

55 機器状態送信手段
 56 制御指令受信手段
 57 開閉制御手段
 60 データ受信手段
 61、118、208A～208C 保護制御演算手段
 62 制御指令出力手段
 65、125、255 トランシーバ
 66、126、256 イーサネットLAN
 67、127 GPSインタフェース
 68、128、160、261 通信インタフェース
 70、76、80、130、137、161、176、
 216、265、265A1、265A2、272 CPU
 71、77、81、131、177、217、266 RAM
 72、78、82、132、178、218、267 ROM
 4、75、135、165 入出力インタフェース
 91 自己診断手段
 92 自己診断結果送信手段
 93 自己診断結果受信手段
 94 ノット論理手段
 95 AND論理手段
 105、156 ルータ
 106、157、258 広域ネットワーク
 112 表示装置
 115、240、240A、240B GPS受信手段
 116、241 データ取得手段
 117、174A、174B 送出手段
 120、120A、205A～205C、242 受信
 手段
 121、206A～206C 整列手段
 122 保存手段
 123、209A～209C 表示手段
 136、271 メモリ
 138、219、213 モニタ
 151 系統模擬装置
 152 生成手段
 153 被試験装置
 154 出力手段
 155 試験手段
 164 デジタル・アナログ変換部
 172A、172B 故障検出手段
 173A、173B 動作情報記録手段
 179、268 EEPROM
 207A～207C 入力手段
 233 表示操作装置
 235(235A～235C) プログラムモジュール
 243 プログラムモジュール実行手段
 244 記憶手段

245 送信手段
 250 プログラムモジュール保持手段
 251 送受信手段
 252 保護制御演算手段
 253 演算結果表示手段
 274 入力部
 281 送電線定数測定手段
 282 送電線定数記憶手段
 296 絶対時刻確認部
 301 絶対時刻重畳手段
 302 絶対時刻分離手段
 351 精密時刻計測手段
 351a 地上波時刻情報受信部
 351b 時刻情報位相補正部
 361 代替用時刻計測手段
 361a 代替用時刻発生部
 361b 代替用時刻校正部
 366 第2の通信ネットワーク
 367 送受信部
 Ts1～Ts4 変電所
 Th 有人変電所
 Tp 電気所
 L 人工衛星
 IP 線条圧延システム(プラント)
 WP 上下水道システム(プラント)
 【手続補正8】
 【補正対象書類名】図面
 【補正対象項目名】図17
 【補正方法】変更
 【補正内容】
 【図17】



【手続補正9】

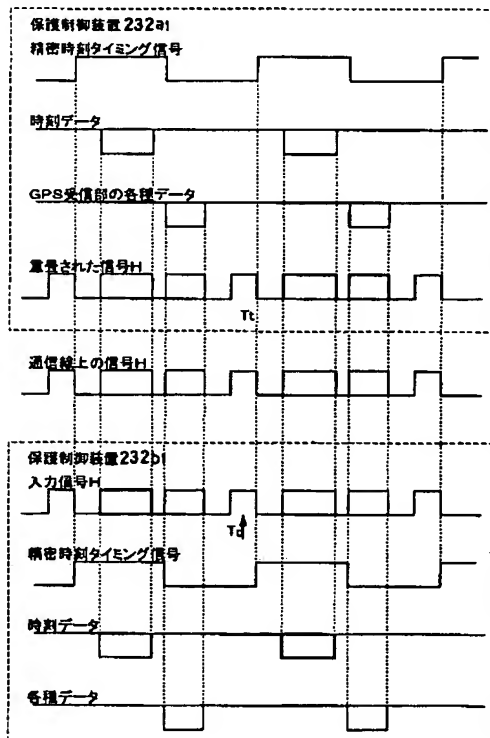
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図42

【補正方法】変更

【補正内容】

【図42】



【手続補正10】

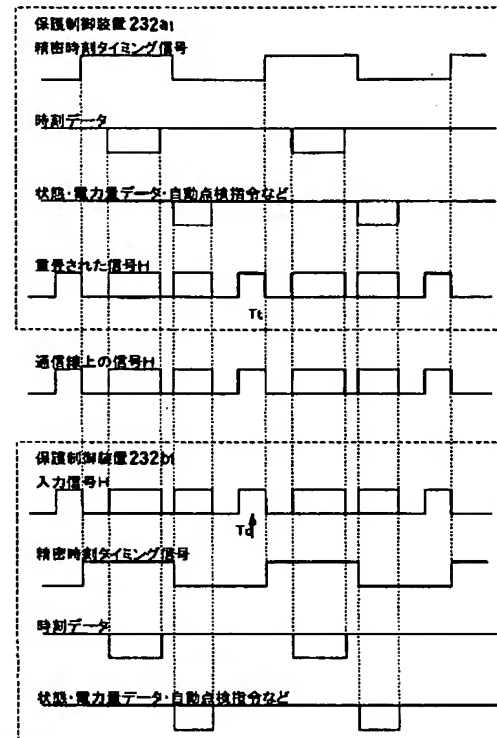
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図43

【補正方法】変更

【補正内容】

【図43】



【手続補正11】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図54

【補正方法】変更

【補正内容】

【図54】

(72)発明者 三好 哲也
東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝
府中工場内

(72)発明者 堀 政夫
東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社
東芝本社事務所内

(72)発明者 佐々木 秀樹
東京都府中市晴見町 2 丁目 24 番地の 1 東
芝システムテクノロジー株式会社内

(72)発明者 下川 勝千
東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝
府中工場内

(72)発明者 不破 裕
東京都府中市東芝町 1 番地 株式会社東芝
府中工場内